

Oracle® Solaris Studio 12.3 : 性能分析器

版权所有 © 2009, 2011, Oracle 和/或其附属公司。保留所有权利。

本软件和相关文档是根据许可证协议提供的，该许可证协议中规定了关于使用和公开本软件和相关文档的各种限制，并受知识产权法的保护。除非在许可证协议中明确许可或适用法律明确授权，否则不得以任何形式、任何方式使用、拷贝、复制、翻译、广播、修改、授权、传播、分发、展示、执行、发布或显示本软件和相关文档的任何部分。除非法律要求实现互操作，否则严禁对本软件进行逆向工程设计、反汇编或反编译。

此文档所含信息可能随时被修改，恕不另行通知，我们不保证该信息没有错误。如果贵方发现任何问题，请书面通知我们。

如果将本软件或相关文档交付给美国政府，或者交付给以美国政府名义获得许可证的任何机构，必须符合以下规定：

U.S. GOVERNMENT END USERS:

Oracle programs, including any operating system, integrated software, any programs installed on the hardware, and/or documentation, delivered to U.S. Government end users are “commercial computer software” pursuant to the applicable Federal Acquisition Regulation and agency-specific supplemental regulations. As such, use, duplication, disclosure, modification, and adaptation of the programs, including any operating system, integrated software, any programs installed on the hardware, and/or documentation, shall be subject to license terms and license restrictions applicable to the programs. No other rights are granted to the U.S. Government.

本软件或硬件是为了在各种信息管理应用领域内的一般使用而开发的。它不应被应用于任何存在危险或潜在危险的应用领域，也不是为此而开发的，其中包括可能会产生人身伤害的应用领域。如果在危险应用领域内使用本软件或硬件，贵方应负责采取所有适当的防范措施，包括备份、冗余和其它确保安全使用本软件或硬件的措施。对于因在危险应用领域内使用本软件或硬件所造成的一切损失或损害，Oracle Corporation 及其附属公司概不负责。

Oracle 和 Java 是 Oracle 和/或其附属公司的注册商标。其他名称可能是各自所有者的商标。

Intel 和 Intel Xeon 是 Intel Corporation 的商标或注册商标。所有 SPARC 商标均是 SPARC International, Inc 的商标或注册商标，并应按照许可证的规定使用。AMD、Opteron、AMD 徽标以及 AMD Opteron 徽标是 Advanced Micro Devices 的商标或注册商标。UNIX 是 The Open Group 的注册商标。

本软件或硬件以及文档可能提供了访问第三方内容、产品和服务的方式或有关这些内容、产品和服务的信息。对于第三方内容、产品和服务，Oracle Corporation 及其附属公司明确表示不承担任何种类的担保，亦不对其承担任何责任。对于因访问或使用第三方内容、产品或服务所造成的任何损失、成本或损害，Oracle Corporation 及其附属公司概不负责。

目录

前言	13
1 性能分析器概述	17
性能分析工具	17
收集器工具	18
性能分析器工具	18
er_print 实用程序	19
性能分析器窗口	19
2 性能数据	21
收集器收集何种数据	21
时钟数据	22
硬件计数器溢出分析数据	25
同步等待跟踪数据	28
堆跟踪（内存分配）数据	29
MPI 跟踪数据	29
全局（抽样）数据	33
如何将度量分配到程序结构	34
函数级度量：独占、非独占和归属	34
解释归属度量：示例	35
递归如何影响函数级度量	37
3 收集性能数据	39
编译和链接程序	39
源代码信息	40
静态链接	40
共享对象处理	40

编译时优化	41
编译 Java 程序	41
为数据收集和分析准备程序	41
使用动态分配的内存	41
使用系统库	42
使用信号处理程序	43
使用 setuid 和 setgid	43
数据收集的程序控制	44
C、C++、Fortran 和 Java API 函数	46
动态函数和模块	46
数据收集的限制	47
基于时钟的分析的限制	48
收集跟踪数据的限制	48
硬件计数器溢出分析的限制	49
硬件计数器溢出分析中的运行时失真和扩大	49
后续进程中数据收集的限制	49
OpenMP 分析的限制	50
Java 分析的限制	50
用 Java 编程语言所编写的应用程序的运行时性能失真和扩大	50
数据的存储位置	51
实验名称	51
移动实验	52
估计存储要求	53
收集数据	54
使用 collect 命令收集数据	54
数据收集选项	54
实验控制选项	60
输出选项	63
其他选项	64
使用 collect 实用程序从正在运行的进程中收集数据	65
▼使用 collect 实用程序从正在运行的进程中收集数据	65
使用 dbx collector 子命令收集数据	66
▼从 dbx 运行收集器:	66
数据收集子命令	66
实验控制子命令	69
输出子命令	70

信息子命令	70
在 Oracle Solaris 平台上使用 dbx 从正在运行的进程中收集数据	71
▼ 从不受 dbx 控制的正在运行的进程中收集数据	71
从正在运行的程序中收集跟踪数据	72
从 MPI 程序收集数据	73
对 MPI 运行 collect 命令	73
存储 MPI 实验	74
从脚本收集数据	75
将 collect 和 ppgsz 一起使用	76
4 性能分析器工具	77
启动性能分析器	77
分析器命令选项	78
分析器缺省设置	79
性能分析器 GUI	80
菜单栏	80
工具栏	80
分析器数据显示	80
设置数据表示选项	97
查找文本和数据	101
显示或隐藏函数	101
过滤数据	101
使用上下文过滤器	102
管理过滤器	103
使用定制过滤器	103
使用标签进行过滤	104
从分析器记录实验	105
分析器缺省设置	105
保存性能分析器设置	106
.er.rc 文件中的设置	106
比较实验	106
缺省情况下启用比较模式	107
5 er_print 命令行性能分析工具	109
er_print 语法	110

度量列表	111
控制函数列表的命令	114
functions	114
metrics <i>metric_spec</i>	114
sort <i>metric_spec</i>	115
fsummary	115
fsingle <i>function_name</i> [N]	116
控制调用方-被调用方列表的命令	116
callers-callees	116
csingle <i>function_name</i> [N]	116
cprepend <i>function-name</i> [N ADDR]	117
cappend <i>function-name</i> [N ADDR]	117
crmfirsr	117
crmlast	117
控制调用树列表的命令	117
calltree	117
控制泄漏和分配列表的命令	117
leaks	117
allocs	118
控制源代码和反汇编代码列表的命令	118
pcs	118
psummary	118
lines	118
lsummary	118
source src { <i>filename</i> <i>function_name</i> } [N]	118
disasm dis { <i>filename</i> <i>function_name</i> } [N]	119
scc <i>com_spec</i>	119
sthresh <i>value</i>	120
dcc <i>com_spec</i>	120
dthresh <i>value</i>	121
cc <i>com_spec</i>	121
控制源文件搜索的命令	121
setpath <i>path_list</i>	121
addpath <i>path_list</i>	121
pathmap <i>old-prefix new-prefix</i>	122
控制硬件计数器数据空间和内存对象列表的命令	122

data_objects	122
data_single_name [N]	122
data_layout	123
memobj <i>obj_type</i>	123
obj_list	123
obj_define <i>obj_type index_exp</i>	123
控制索引对象列表的命令	124
indobj <i>indobj_type</i>	124
indobj_list	124
indobj_define <i>indobj_type index_exp</i>	124
用于 OpenMP 索引对象的命令	125
OMP_preg	125
OMP_task	125
支持线程分析器的命令	125
races	125
rdetail <i>race_id</i>	125
deadlocks	125
ddetail <i>deadlock_id</i>	125
列出实验、抽样、线程和 LWP 的命令	126
experiment_list	126
sample_list	126
lwp_list	126
thread_list	126
cpu_list	126
控制实验数据过滤的命令	127
指定过滤表达式	127
列出过滤器表达式的关键字	127
选择要进行过滤的抽样、线程、LWP 和 CPU	127
控制装入对象展开和折叠的命令	128
object_list	129
object_show <i>object1,object2,...</i>	129
object_hide <i>object1,object2,...</i>	129
object_api <i>object1,object2,...</i>	130
objects_default	130
object_select <i>object1,object2,...</i>	130
列出度量的命令	130

metric_list	130
cmetric_list	130
data_metric_list	130
indx_metric_list	131
控制输出的命令	131
outfile {filename - --}	131
appendfile 文件名	131
limit <i>n</i>	131
name { long short } [:{ <i>shared_object_name</i> <i>no_shared_object_name</i> }]	131
viewmode { user expert machine }	131
compare { on off }	132
列显其他信息的命令	132
header <i>exp_id</i>	132
ifreq	133
objects	133
overview <i>exp_id</i>	133
statistics <i>exp_id</i>	133
设置缺省值的命令	133
dmetrics <i>metric_spec</i>	134
dsort <i>metric_spec</i>	134
en_desc { on off = <i>regexp</i> }	135
仅为性能分析器设置缺省值的命令	135
tabs <i>tab_spec</i>	135
rtabs <i>tab_spec</i>	135
tlmode <i>tl_mode</i>	135
tldata <i>tl_data</i>	136
杂项命令	136
procstats	136
script <i>file</i>	136
version	137
quit	137
help	137
表达式语法	137
示例过滤器表达式	139
er_print 命令示例	140

6 了解性能分析器及其数据	143
数据收集的工作原理	143
实验格式	144
记录实验	145
解释性能度量	146
基于时钟的分析	147
硬件计数器溢出分析	149
数据空间分析和内存空间分析	149
同步等待跟踪	150
堆跟踪	151
MPI 跟踪	151
调用堆栈和程序执行	151
单线程执行和函数调用	151
显式多线程	154
基于 Java 技术的软件执行概述	154
Java 分析视图模式	155
OpenMP 软件执行概述	157
不完全的堆栈展开	161
将地址映射到程序结构	162
进程映像	162
装入对象和函数	163
有别名的函数	163
非唯一函数名称	164
来自剥离共享库的静态函数	164
Fortran 备用入口点	164
克隆函数	165
内联函数	165
编译器生成的主体函数	165
外联函数	166
动态编译的函数	166
<Unknown> 函数	167
OpenMP 特殊函数	167
<JVM-System> 函数	168
<no Java callstack recorded> 函数	168
<Truncated-stack> 函数	168
<Total> 函数	168

与硬件计数器溢出分析相关的函数	169
将性能数据映射到索引对象	169
将数据地址映射到程序数据对象	169
数据对象描述符	170
将性能数据映射到内存对象	171
7 了解带注释的源代码和反汇编数据	173
工具如何查找源代码	173
带注释的源代码	174
性能分析器“源”标签布局	174
带注释的反汇编代码	180
解释带注释的反汇编代码	181
“源”、“反汇编”和“PC”标签中的特殊行	184
外联函数	184
编译器生成的主体函数	185
动态编译的函数	186
Java 本机函数	187
克隆函数	187
静态函数	188
非独占度量	189
分支目标	189
存储和装入指令的注释	189
在不运行实验的情况下查看源代码/反汇编代码	189
- func	190
8 操作实验	191
操作实验	191
使用 er_cp 实用程序复制实验	191
使用 er_mv 实用程序移动实验	192
使用 er_rm 实用程序删除实验	192
标记实验	192
er_label 命令语法	193
er_label 示例	194
在脚本中使用 er_label	195
其他实用程序	196

er_archive 实用程序	196
er_export 实用程序	197
9 内核分析	199
内核实验	199
为内核分析设置系统	200
运行 er_kernel 实用程序	200
▼ 分析内核	200
▼ 在有负载时的分析	201
▼ 一起分析内核和负载	201
硬件计数器溢出的内核分析	202
分析内核和用户进程	202
分析内核分析数据	203
索引	205

前言

本性能分析器手册介绍 Oracle Solaris Studio 软件中的性能分析工具。收集器和性能分析器这一对工具用于收集各种性能数据，并在函数、源代码行和指令级将这些数据与程序结构相关联。收集的性能数据包括时钟分析统计信息、硬件计数器分析以及各种调用的跟踪信息。

支持的平台

本 Oracle Solaris Studio 发行版支持使用 SPARC 系列处理器体系结构的平台（运行 Oracle Solaris 操作系统），以及使用 x86 系列处理器体系结构的平台（运行 Oracle Solaris 或特定的 Linux 系统）。

本文档使用以下术语说明 x86 平台之间的区别：

- "x86" 泛指 64 位和 32 位的 x86 兼容产品系列。
- "x64" 指特定的 64 位 x86 兼容 CPU。
- “32 位 x86”指出了有关基于 x86 的系统的特定 32 位信息。

在 SPARC 和 x86 系统中，特定于 Linux 系统的信息仅指受支持的 Linux x86 平台，而特定于 Oracle Solaris 系统的信息仅指受支持的 Oracle Solaris 平台。

有关支持的硬件平台和操作系统发行版的完整列表，请参见《[Oracle Solaris Studio 12.3 发行说明](#)》。

Oracle Solaris Studio 文档

可以查找 Oracle Solaris Studio 软件的完整文档，如下所述：

- 产品文档位于 [Oracle Solaris Studio 文档 Web 站点](#)，包括发行说明、参考手册、用户指南和教程。
- 代码分析器、性能分析器、线程分析器、dbxtool、DLight 和 IDE 的联机帮助可以在这些工具中通过 "Help"（帮助）菜单以及 F1 键和许多窗口和对话框上的 "Help"（帮助）按钮获取。
- 命令行工具的手册页介绍了工具的命令选项。

相关的第三方 Web 站点引用

本文档引用了第三方 URL，以用于提供其他相关信息。

注 - Oracle 对本文档中提到的第三方 Web 站点的可用性不承担任何责任。对于此类站点或资源中的（或通过它们获得的）任何内容、广告、产品或其他资料，Oracle 并不表示认可，也不承担任何责任。对于因使用或依靠此类站点或资源中的（或通过它们获得的）任何内容、产品或服务而造成的或连带产生的实际或名义损坏或损失，Oracle 概不负责，也不承担任何责任。

开发者资源

对于使用 Oracle Solaris Studio 的开发者，可访问 [Oracle 技术网 Web 站点](#) 来查找以下资源：

- 有关编程技术和最佳做法的文章
- 软件最新发布完整文档的链接
- 有关支持级别的信息
- [用户论坛](#)。

获取 Oracle 支持

Oracle 客户可通过 My Oracle Support 获取电子支持。有关信息，请访问 <http://www.oracle.com/pls/topic/lookup?ctx=acc&id=info>，或访问 <http://www.oracle.com/pls/topic/lookup?ctx=acc&id=trs>（如果您听力受损）。

印刷约定

下表介绍了本书中的印刷约定。

表 P-1 印刷约定

字体或符号	含义	示例
AaBbCc123	命令、文件和目录的名称；计算机屏幕输出	编辑 .login 文件。 使用 <code>ls -a</code> 列出所有文件。 machine_name% you have mail.
AaBbCc123	用户键入的内容，与计算机屏幕输出的显示不同	machine_name% su Password:

表 P-1 印刷约定 (续)

字体或符号	含义	示例
<i>aabbcc123</i>	要使用实名或值替换的命令行占位符	删除文件的命令为 <i>rm filename</i> 。
<i>AaBbCc123</i>	保留未译的新词或术语以及要强调的词	这些称为 <i>Class</i> 选项。 注意： 有些强调的项目在联机时以粗体显示。
新词术语强调	新词或术语以及要强调的词	高速缓存 是存储在本地的副本。 请勿保存文件。
《书名》	书名	阅读《用户指南》的第 6 章。

命令中的 shell 提示符示例

下表显示了 Oracle Solaris OS 中包含的缺省 UNIX shell 系统提示符和超级用户提示符。请注意，在命令示例中显示的缺省系统提示符可能会有所不同，具体取决于 Oracle Solaris 发行版。

表 P-2 shell 提示符

shell	提示符
Bash shell、Korn shell 和 Bourne shell	\$
Bash shell、Korn shell 和 Bourne shell 超级用户	#
C shell	machine_name%
C shell 超级用户	machine_name#

性能分析器概述

开发高性能的应用程序需要将编译器特性、已优化的函数库和性能分析工具整合在一起。性能分析器手册介绍了一些工具，这些工具有助于您评估代码的性能、识别潜在的性能问题并定位出现这些问题的代码部分。

本章包含以下主题：

- 第 17 页中的“性能分析工具”
- 第 19 页中的“性能分析器窗口”

性能分析工具

本手册介绍了收集器和性能分析器这一对工具，您可以使用它们来收集和分析应用程序的性能数据。该手册还介绍了 `er_print` 实用程序，一种用于以文本格式显示和分析所收集性能数据的命令行工具。分析器和 `er_print` 实用程序显示的数据大体相同，但使用不同的用户界面。

称为 `Spot` 的附加 Oracle Solaris Studio 工具可用于生成关于应用程序的性能报告。此工具是对性能分析器的补充。有关更多信息，请参见 `spot(1)` 手册页。

收集器和性能分析器设计旨在供任何软件开发者使用，即使性能调节并非开发者的主要职责。与常用的分析工具 `prof` 和 `gprof` 相比，这些工具提供了更加灵活、详细和准确的分析，并且不会产生 `gprof` 中的归属误差。

收集器和性能分析器工具有助于回答以下各种问题：

- 程序消耗的可用资源有多少？
- 最消耗资源的是哪些函数或装入对象？
- 消耗资源的是哪些源代码行和指令？
- 程序在执行过程中如何出现这种问题？
- 函数或装入对象消耗的是哪些资源？

收集器工具

收集器工具使用名为分析 (profiling) 的统计方法，并通过跟踪函数调用来收集性能数据。这些数据可能包括调用堆栈、微状态计数信息（仅在 Oracle Solaris 平台上）、线程同步延迟数据、硬件计数器溢出数据、消息传递接口 (Message Passing Interface, MPI) 函数调用数据、内存分配数据以及操作系统和进程的摘要信息。收集器可以收集 C、C++ 和 Fortran 程序的各种数据，也可以收集用 Java 编程语言编写的应用程序的分析数据。此外还可以收集动态生成的函数及子孙进程的数据。有关收集的数据的信息，请参见第 2 章，[性能数据](#)；有关收集器的详细信息，请参见第 3 章，[收集性能数据](#)。可以通过性能分析器 GUI、dbx 命令行工具以及使用 collect 命令运行收集器。

性能分析器工具

性能分析器工具显示收集器记录的数据，以便于您检查这些信息。性能分析器处理数据并显示程序、函数、源代码行和指令级别的各种性能度量。这些度量分为五组：

- 时钟分析度量
- 硬件计数器度量
- 同步延迟度量
- 内存分配度量
- MPI 跟踪度量

性能分析器时间线工具可以按图形形式将原始数据显示为时间函数曲线。

性能分析器还可以显示目标程序的数据空间中结构的性能度量，以及内存子系统的结构组件的性能度量。此数据是硬件计数器度量的扩展。

此外，性能分析器可以显示线程分析器的数据；线程分析器是性能分析器的一个专门视图，设计用于检查线程分析实验。可使用一个单独的命令 `tha` 将性能分析器启动到该专门视图下，以这种方式启动的该工具称为线程分析器。

线程分析器可以显示您专门生成的用来检查这些数据类型的实验中的数据争用和死锁。一个单独的手册《[Oracle Solaris Studio 12.3：线程分析器用户指南](#)》中介绍了如何使用线程分析器。

有关性能分析器的详细信息，请参见第 4 章，[性能分析器工具](#)以及性能分析器中的联机帮助。

第 5 章，[er_print 命令行性能分析工具](#)介绍如何使用 `er_print` 命令行界面来分析收集器收集的数据。

第 6 章，[了解性能分析器及其数据](#)讨论了一些与了解性能分析器及其数据有关的主题，包括：数据收集的工作原理、解释性能度量、调用堆栈和程序执行。

第 7 章，[了解带注释的源代码和反汇编数据](#)介绍如何了解带注释的源代码和反汇编代码，提供了有关性能分析器显示的不同类型的索引行和编译器注释的解释。可以使用

`er_src` 实用程序来查看包含编译器注释但不包含性能数据的带注释源代码列表和反汇编代码列表；本章中也介绍了该实用程序。

第 8 章，操作实验介绍了如何复制、移动和删除实验；将标签添加到实验以及归档和导出实验。

第 9 章，内核分析介绍了如何在 Oracle Solaris 操作系统运行负载时使用 Oracle Solaris Studio 性能工具分析内核。

注 - 可以从 Oracle Solaris Studio 12.3 示例应用程序下载页的示例应用程序 zip 文件中下载性能分析器的演示代码，网址为 <http://www.oracle.com/technetwork/server-storage/solarisstudio/downloads/>。

下载后，可以在选定的目录中解开 zip 文件。示例应用程序位于 `SolarisStudioSampleApplications` 目录的 `PerformanceAnalyzer` 子目录中。有关如何在分析器中使用样例代码的信息，请参见每个样例目录中的 `README` 文件。

er_print 实用程序

`er_print` 实用程序以纯文本形式显示性能分析器提供的所有显示内容，但时间线显示、MPI 时间线显示和 MPI 图表显示除外。这些显示本身都是图形形式，无法将其表示为文本。

性能分析器窗口

注 - 以下是性能分析器窗口的简要概述。有关下文讨论的标签的功能和特性的完整详细论述，请参见 **第 4 章，性能分析器工具**和联机帮助。

性能分析器窗口由带有菜单栏和工具栏的多标签化显示组成。性能分析器启动时显示的标签显示了该程序的函数列表，以及每个函数的独占和非独占度量。

通过从大多数标签的上下文菜单中选择过滤器，可以应用强大的过滤技术，以便深入查看性能问题。数据可以按函数、线程、CPU 或时间进行过滤，也可以按这些过滤器元素和其他过滤器元素的任何组合进行过滤。

对于某个选定的函数，另一个标签会显示该函数的调用方和被调用方。可以使用此标签导航调用树，例如在搜索较大的度量值时。

另外两个标签显示用性能度量逐行注释的并与编译器注释交错的源代码，以及用每个指令的度量注释的并与可用的源代码和编译器注释交错的反汇编代码。

性能数据在另一个标签中显示为时间函数。

MPI 跟踪数据在一个标签的时间线中显示为进程、消息和函数，在另一个标签中显示为图表。

OpenMP 并行区域显示在一个标签上，OpenMP 任务显示在另一个标签上。

其他标签显示实验和装入对象的详细信息，函数和内存泄露的摘要信息，以及进程的统计数据。

其他标签显示索引对象、内存对象、数据对象、数据布局、行及 PC。有关各标签的更多信息，请参见第 80 页中的“分析器数据显示”。

对于记录了线程分析器数据的实验，数据争用和死锁标签也将可用。仅在装入的实验具有支持这些标签的数据时才会显示标签。

有关线程分析器的更多信息，请参见《[Oracle Solaris Studio 12.3：线程分析器用户指南](#)》。

使用键盘和鼠标都可以导航性能分析器。

性能数据

性能工具的工作方式是，在程序运行时记录有关特定事件的数据，然后将这些数据转换为程序性能的度量（称为度量）。度量可根据函数、源代码行和指令来显示。

本章介绍了通过性能工具收集的数据、如何处理和显示这些数据，以及如何使用这些数据进行性能分析。由于收集性能数据的工具有很多种，因此使用术语“收集器”来指代这些工具中的任何一种。同样，由于分析性能数据的工具也有很多种，因此使用术语“分析工具”来指代这些工具中的任何一种。

本章包含以下主题。

- 第 21 页中的“收集器收集何种数据”
- 第 34 页中的“如何将度量分配到程序结构”

有关收集和存储性能数据的信息，请参见第 3 章，[收集性能数据](#)。

收集器收集何种数据

收集器使用多种方法收集各种数据：

- 可通过以固定的间隔记录分析事件来收集分析数据。该间隔可以是使用系统时钟获取的时间间隔，也可以是特定类型硬件事件的数目。间隔时间结束时，会向系统传送一个信号，并在下一个间隔记录数据。
- 可通过在各种系统函数和库函数上插入包装函数来收集跟踪数据，以便拦截对函数的调用，并记录有关调用的数据。
- 可通过调用各种系统例程以获取信息来收集全局数据。全局数据包称为样本。
- 为可执行文件以及检测过的和可执行文件静态链接的任何共享对象记录函数和指令计数数据。记录函数和指令的执行次数。
- 收集线程分析数据以支持线程分析器。

分析数据和跟踪数据都包含有关特定事件的信息，并且这两种类型的数据都会转换为性能度量。全局数据不会转换为度量，而是用于提供标记器，这些标记器可用于将程序执行划分为很多时间段。通过全局数据，可以了解该时间段内程序执行的总体情况。

每个分析事件或跟踪事件收集的数据包都包含以下信息：

- 标识数据的数据包头
- 高精度的时间戳
- 线程 ID
- 轻量级进程 (lightweight process, LWP) ID
- 处理器 (CPU) ID，在操作系统中可用时
- 调用堆栈的副本。对于 Java 程序，将记录两个调用堆栈：机器调用堆栈和 Java 调用堆栈。
- 对于 OpenMP 程序，还会收集当前并行区域的标识符和 OpenMP 状态。

有关线程和轻量级进程的更多信息，请参见第 6 章，[了解性能分析器及其数据](#)。

除了通用数据外，每个事件特定的数据包还包含特定于数据类型的信息。

数据类型及其使用方法将在下列子节中介绍：

- 第 22 页中的“时钟数据”
- 第 25 页中的“硬件计数器溢出分析数据”
- 第 28 页中的“同步等待跟踪数据”
- 第 29 页中的“堆跟踪（内存分配）数据”
- 第 29 页中的“MPI 跟踪数据”
- 第 33 页中的“全局（抽样）数据”

时钟数据

进行基于时钟的分析时，收集的数据取决于操作系统所提供的度量。

Oracle Solaris 下基于时钟的分析

在 Oracle Solaris 下的基于时钟的分析中，每个线程的状态都按固定的时间间隔存储。这种时间间隔称为分析间隔。这些信息存储在一个整数数组中：数组的一个元素用于内核维护的十个微记帐状态中的每一个状态。收集的数据通过性能分析器转换为每个状态所用的时间和分析间隔的精度。缺省分析间隔约为 10 毫秒 (10 ms)。收集器提供的高精度分析间隔大约为 1 毫秒，低精度分析间隔大约为 100 毫秒，如果操作系统允许，则可使用任意的间隔。运行 `collect -h` 命令（不带任何其他参数）可列显运行该命令的系统所允许的范围和精度。

下表定义了从基于时钟的数据计算得来的度量。

表 2-1 Solaris 计时度量

度量	定义
用户 CPU 时间	在 CPU 中按用户模式运行所用的时间。
挂钟时间	在线程 1 上花费的时间。该时间通常称为“挂钟时间”。
总线程时间	全部线程时间的总和。
系统 CPU 时间	在 CPU 中或陷阱状态下按内核模式运行所用的线程时间。
等待 CPU 时间	等待 CPU 所用的线程时间。
用户锁定时间	等待锁定所用的线程时间。
文本缺页时间	等待文本页所用的线程时间。
数据缺页时间	等待数据页所用的线程时间。
其他等待时间	等待内核页所用的线程时间，或休眠/停止所用的时间。

对于多线程实验，将计算所有线程的时间（挂钟时间除外）的总和。所定义的挂钟时间对于多程序多数据 (multiple-program multiple-data, MPMD) 目标没有意义。

计时度量按多种类别说明程序消耗时间的位置，并且可用于改善程序的性能。

- 高用户 CPU 时间说明程序处理大部分工作的位置。此外还可用于查找重新设计算法后可能受益最多的程序部分。
- 高系统 CPU 时间说明程序在对系统例程的调用中消耗了大量时间。
- 高等待 CPU 时间说明准备运行的线程数比可用的 CPU 多，或其他进程正在使用 CPU。
- 高用户锁定时间说明线程无法获得其请求的锁定。
- 高文本缺页时间意味着链接程序要求的代码会在内存中进行组织，所以很多调用或分支会导致装入新的页面。
- 高数据缺页时间表明对数据的访问会导致新的页面被装入。重新组织程序的数据结构或算法可以修复此问题。

Linux 下基于时钟的分析

在 Linux 操作系统下，可用的度量只有用户 CPU 时间。虽然报告的总 CPU 占用时间是准确的，但分析器不可能像在 Oracle Solaris 中那样准确地确定实际系统 CPU 时间的比例。虽然分析器显示的信息好像是轻量级进程 (lightweight process, LWP) 数据，但实际上 Linux 中没有 LWP 的数据；所显示的 LWP ID 实际上是线程 ID。

对 MPI 程序的基于时钟的分析

可以在用 Oracle Message Passing Toolkit（以前称为 Sun HPC ClusterTools）运行的 MPI 实验上收集时钟分析数据。Oracle Message Passing Toolkit 必须至少为版本 8.1。

Oracle Message Passing Toolkit 已集成在 Oracle Solaris 11 发行版中。如果系统中安装了此工具包，您可以在 `/usr/openmpi` 中找到它。如果您的 Oracle Solaris 11 系统中尚未安装此工具包，当为系统配置了软件包系统信息库时，可以使用命令 `pkg search openmpi` 搜索该软件包。有关在 Oracle Solaris 11 中安装软件的更多信息，请参见《Adding and Updating Oracle Solaris 11 Software Packages》（添加并更新 Oracle Solaris 11 软件包）。

在 MPI 实验上收集时钟分析数据时，可以显示两个其他度量：

- MPI 工作，这种度量将在进程正在 MPI 运行时内执行工作（如处理请求或消息）时进行累积。
- MPI 等待，这种度量将在进程正在 MPI 运行时内等待事件、缓冲区或消息时进行累积。

在 Oracle Solaris 上，以串行或并行方式执行工作时，“MPI 工作”会累积。在以下情况下“MPI 等待”会累积：MPI 运行时正在等待进行同步时、该等待正在使用 CPU 时间或正在休眠时，以及正在以并行方式执行工作，但未在 CPU 上调度线程时。

在 Linux 上，仅当进程在用户模式或系统模式下处于活动状态时，“MPI 工作”和“MPI 等待”才会累积。除非您已指定 MPI 应执行忙等待，否则，Linux 上的“MPI 等待”将没有用处。

注 - 如果要在 Linux 上使用 Oracle Message Passing Toolkit 8.2 或 8.2.1，可能需要解决方法。版本 8.1 或 8.2.1c 不需要解决方法，或者如果要使用 Oracle Solaris Studio 编译器，则任何版本都不需要解决方法。

Oracle Message Passing Toolkit 版本号由安装路径指定，例如 `/opt/SUNWhpc/HPC8.2.1`，或者，您可以按照如下所示键入 `mpirun -V` 查看输出，其中版本以斜体表示：

```
mpirun (Open MPI) 1.3.4r22104-ct8.2.1-b09d-r70
```

如果您的应用程序是使用 GNU 或 Intel 编译器编译的，并且要对 MPI 使用 Oracle Message Passing Toolkit 8.2 或 8.2.1，则要获取 MPI 状态数据，必须使用 `-WI` 和 `--enable-new-dtags` 选项和 Oracle Message Passing Toolkit `link` 命令。这些选项将使可执行文件定义 `RPATH` 及 `RUNPATH`，从而可使用 `LD_LIBRARY_PATH` 环境变量启用 MPI 状态库。

对 OpenMP 程序的基于时钟的分析

如果对 OpenMP 程序执行基于时钟的分析，将提供以下两种附加度量：“OpenMP 工作”和“OpenMP 等待”。

在 Oracle Solaris 上，以串行或并行方式执行工作时，“OpenMP 工作”会累积。在以下情况下“OpenMP 等待”会累积：OpenMP 运行时正在等待进行同步时、该等待正在使用 CPU 时间或正在休眠时，以及正在以并行方式执行工作，但未在 CPU 上安排线程时。

在 Linux 操作系统上，仅当进程在用户模式或系统模式下处于活动状态时，“OpenMP 工作”和“OpenMP 等待”才会累积。除非您已指定 OpenMP 应执行忙等待，否则，Linux 上的“OpenMP 等待”将没有用处。

OpenMP 程序的数据可以在三种视图模式中的任何一种模式下显示。在用户模式下，从线程按实际从主线程克隆的方式显示，并使其调用堆栈匹配主线程的调用堆栈。调用堆栈中来自 OpenMP 运行时代码 (libmstk.so) 的框架将进行压缩。在专家用户模式下，主从线程的显示方式不同，编译器生成的显式函数可见，来自 OpenMP 运行时代码 (libmstk.so) 的框架将进行压缩。对于计算机模式，将显示实际的本机堆栈。

Oracle Solaris 内核的基于时钟的分析

er_kernel 实用程序可以收集有关 Oracle Solaris 内核的基于时钟的分析数据。

er_kernel 实用程序捕获内核分析数据，并将数据记录为分析器实验，其格式与 collect 实用程序在用户程序上创建的实验格式相同。实验可以由 er_print 实用程序或性能分析器进行处理。内核实验可以显示函数数据、调用方-被调用方数据、指令级数据和时间线，但是不能显示源代码行数据（因为大多数 Oracle Solaris 模块不包含行号表）。

有关更多信息，请参见第 9 章，内核分析。

硬件计数器溢出分析数据

硬件计数器可跟踪诸如高速缓存未命中次数、高速缓存停止周期、浮点运算、分支误预测、CPU 周期以及执行指令之类的事件。在硬件计数器溢出分析中，当运行线程的 CPU 的指定硬件计数器发生溢出时，收集器将记录一个分析数据包。计数器将重置并继续进行计数。分析数据包中包括溢出值和计数器类型。

各种处理器芯片系列支持同时存在二到十八个硬件计数器寄存器。收集器可收集一个或多个寄存器上的数据。对于每个寄存器，收集器允许选择寄存器的类型来监视溢出并为寄存器设置溢出值。有些硬件计数器可以使用任意寄存器，而有些计数器仅可以使用特定的寄存器。因此，在一个实验中并非可以选择所有的硬件计数器组合。

硬件计数器溢出分析还可以在内核上通过 er_kernel 实用程序执行。有关更多信息，请参见第 9 章，内核分析。

硬件计数器溢出分析数据由性能分析器转换为计数度量。对于以循环方式计数的计数器，所报告的度量会转换为次数；而对于不以循环方式计数的计数器，所报告的度量为事件计数。在具有多个 CPU 的机器上，用于转换度量的时钟频率为各个 CPU 时钟频率的调和平均数。因为每种类型的处理器都有其自己的一组硬件计数器，并且硬件计数器的数目庞大，因此，此处未列出硬件计数器的度量。下一小节讲述如何找出可用的硬件计数器。

硬件计数器的一个用途是可诊断进出 CPU 的信息流问题。例如，高速缓存未命中次数计数较高表明，重新组织程序的结构来改进数据或文本的位置或提高高速缓存的重用率可以改善程序性能。

某些硬件计数器与其他计数器相互关联。例如，分支误预测和指令高速缓存未命中次数通常是相关的，因为分支误预测会导致将错误的指令装入到指令高速缓存，而这些指令必须替换为正确的指令。这种替换会导致指令高速缓存未命中，或指令转换后备缓冲器 (instruction translation lookaside buffer, ITLB) 未命中，或甚至缺页。

通常会在导致事件和相应事件计数器溢出的指令之后，向硬件计数器溢出传送一条或多条指令：这称为“失控 (skid)”，它会使计数器溢出分析数据难以解释。如果缺少对精确识别因果指令的硬件支持，可以对候选的因果指令尝试合适的回溯搜索。

收集期间支持和指定这种回溯时，硬件计数器分析数据包还包括适用于硬件计数器事件的候选内存引用指令的 PC (program counter, 程序计数器) 和 EA (effective address, 有效地址)。(在分析期间需要进行后续处理来验证候选事件 PC 和 EA)。关于内存引用事件的这一附加信息为各种面向数据的分析 (又称为数据空间分析) 提供了方便。仅在运行 Oracle Solaris 操作系统的基于 SPARC 的平台上支持回溯。

在一些 SPARC 芯片上，计数器中断是精确的，无需回溯。此类计数器的事件类型后面用字 `precise` 表示。

如果在与内存有关的精确计数器上前置一个 + 号，将启用内存空间分析，这将有助于确定是哪些程序行或内存地址导致了与内存有关的程序延迟。有关内存空间分析的更多信息，请参见第 149 页中的“数据空间分析和内存空间分析”。

也可以为时钟分析指定候选事件 PC 和 EA 的回溯和记录，尽管数据可能难以解释。硬件计数器回溯更为可靠。

硬件计数器列表

由于硬件计数器是特定于处理器的，因此可以选用的计数器取决于所使用的处理器。性能工具为许多可能常用的计数器提供了别名。通过在特定系统上的终端窗口中键入不带任何其他参数的 `collect -h`，您可从收集器获得该系统上可用的硬件计数器列表。如果处理器和系统支持硬件计数器分析，则 `collect -h` 命令会列显两个包含有关硬件计数器信息的列表。第一个列表包含别名为通用名称的硬件计数器；第二个列表包含原始硬件计数器。如果性能计数器子系统和 `collect` 命令都不知道特定系统上的计数器名称，这些列表将为空。但是，在大多数情况下，可以用数值指定计数器。

以下示例显示了计数器列表中的条目。有别名的计数器将首先显示在列表中，然后是原始硬件计数器列表。该示例中的每一行输出都按打印格式显示。

```
Aliased HW counters available for profiling:
cycles[/{0|1|2|3}],31599989 ('CPU Cycles', alias for Cycles_user; CPU-cycles)
insts[/{0|1|2|3}],31599989 ('Instructions Executed', alias for Instr_all; events)
loads[/{0|1|2|3}],9999991 ('Load Instructions', alias for Instr_ld;
    precise load-store events)
stores[/{0|1|2|3}],1000003 ('Store Instructions', alias for Instr_st;
    precise load-store events)
dcm[/{0|1|2|3}],1000003 ('L1 D-cache Misses', alias for DC_miss_nospec;
    precise load-store events)
...
```

```
Raw HW counters available for profiling:
...
Cycles_user[/{0|1|2|3}],1000003 (CPU-cycles)
Instr_all[/{0|1|2|3}],1000003 (events)
Instr_ld[/{0|1|2|3}],1000003 (precise load-store events)
Instr_st[/{0|1|2|3}],1000003 (precise load-store events)
DC_miss_nospec[/{0|1|2|3}],1000003 (precise load-store events)
```

有别名的硬件计数器列表的格式

在有别名的硬件计数器列表中，第一个字段（例如，`cycles`）提供可以在 `collect` 命令的 `-h counter...` 参数中使用的别名。此别名还是在 `er_print` 命令中使用的标识符。

第二个字段列出计数器的可用寄存器，例如 `[/{0|1|2|3}]`。

第三个字段（例如 `9999991`）是计数器的缺省溢出值。对于有别名的计数器，选择的缺省值可提供合理的抽样率。由于实际抽样率变化相当大，因此可能需要指定缺省值以外的值。

第四个字段（在圆括号中）包含类型信息。它提供简短描述（例如 `CPU Cycles`）、原始硬件计数器名称（例如 `Cycles_user`）以及计数单位类型（例如 `CPU-cycles`）。

类型信息字段中的可能条目包括下列项：

- `precise` — 当指令导致事件计数器溢出时，计数器发生精确中断。您可以在 `collect -h` 命令的装入存储事件计数器的名称上前置一个 `+` 号（例如 `+dcm`），以便在未专门进行分析编译的普通二进制文件上执行内存空间分析。
- `load-store` 或 `load-store`，则表明计数器与内存相关。您可以在 `collect -h` 命令中的计数器名称上前置一个 `+` 号（例如 `+dcrm`），以请求搜索引发事件的准确指令和虚拟地址。`+` 号还可以启用数据空间分析；有关更多信息，请参见第 89 页中的“`DataObjects`”（数据对象）标签、第 90 页中的“`DataLayout`”（数据布局）标签和第 94 页中的“`MemoryObjects`”（内存对象）标签。
- `not-program-related`，计数器会捕获由其他某个程序启动的事件，例如 CPU 到 CPU 的高速缓存嗅探。使用计数器进行分析时将生成警告，并且分析不记录调用堆栈。

如果类型信息的最后一个单词或仅有的单词是：

- `CPU-cycles`，则计数器可用于提供基于时间的度量。针对此类计数器报告的度量在缺省情况下会转换为独占时间和非独占时间，但是也可以显示为事件计数。
- `events`，则度量是非独占和独占事件计数，且无法转换为时间。

在示例中的有别名的硬件计数器列表中，类型信息包含一个单词的，如第一个计数器的 `CPU-cycles` 和第二个计数器的 `events`。类型信息包括两个单词的，如第三个计数器的 `load-store events`。

原始硬件计数器列表的格式

原始硬件计数器列表中包含的信息是有别名的硬件计数器列表中信息的子集。原始硬件计数器列表中的每行包括由 `cputrack(1)` 使用的内部计数器名称、可以在其上使用计数器的寄存器编号、缺省溢出值、类型信息和计数器单位（可以是 `CPU-cycles` 或 `events`）。

如果计数器度量与运行的程序无关的事件，则类型信息的第一个单词是 `not-program-related`。对于这样的计数器，分析不会记录调用堆栈，而是显示人工函数 `collector_not_program_related` 中所用的时间。线程和 LWP ID 会被记录，但没有任何意义。

原始计数器的缺省溢出值为 `1000003`。对于大多数原始计数器来说，此值并非理想值，所以您应在指定原始计数器时指定溢出值。

同步等待跟踪数据

在多线程程序中，不同线程执行的任务同步会导致应用程序的执行延迟，例如，一个线程要访问已被其他线程锁定的数据时就不得不等待。这些事件称为同步延迟事件，并通过跟踪对 `Solaris` 或 `pthread` 线程函数的调用来收集这些事件。收集和记录这些事件的过程称为同步等待跟踪。等待锁定花费的时间称为等待时间。

只有等待时间超过阈值（单位为微秒）时，才会记录事件。阈值为 `0` 表示跟踪所有的同步延迟事件，而不管等待时间为何。缺省阈值通过运行校准测试决定，在该测试中对线程库的调用不会出现任何同步延迟。阈值是这些调用的平均时间与某个因子（当前为 `6`）的乘积。该过程可防止对此类事件进行记录：即等待时间仅在于调用本身，而与实际的延迟无关。因此，数据量会大大减少，但同步事件的计数可能会被明显低估。

Java 程序不支持同步跟踪。

同步等待跟踪数据被转换为以下度量。

表 2-2 同步等待跟踪度量

度量	定义
同步延迟事件。	对等待时间超过指定阈值的同步例程的调用数目。
同步等待时间。	超过指定阈值的等待时间的总和。

通过该信息，您可以确定函数或装入对象对同步例程进行调用时是会经常被阻塞还是会经历很长时间的等待。高同步等待时间表示线程间的争用。您可以通过重新设计算法，尤其是重新组织锁的结构，以便仅包含需要锁定的每个线程的数据来减少争用。

堆跟踪（内存分配）数据

对未正确管理的内存分配和解除分配函数进行调用可能会造成数据的使用效率降低，从而导致应用程序的性能降低。在堆跟踪中，收集器通过插入 C 标准库内存分配函数 `malloc`、`realloc`、`valloc` 和 `memalign` 以及解除分配函数 `free` 跟踪内存分配和解除分配请求。对 `mmap` 的调用被视为内存分配，它允许记录 Java 内存分配的堆跟踪事件。Fortran 函数 `allocate` 和 `deallocate` 调用 C 标准库函数，因此会间接跟踪这些例程。

不支持对 Java 程序的堆分析。

堆跟踪数据会被转换为以下度量。

表 2-3 内存分配（堆跟踪）度量

度量	定义
分配数	对内存分配函数的调用数。
分配的字节	每次调用内存分配函数时分配的字节总数。
泄漏数	调用内存分配函数（未对解除分配函数进行相应的调用）的数量。
泄漏的字节	已分配但未解除分配的字节数。

收集堆跟踪数据有助于识别程序中的内存泄漏，或定位内存分配效率不高的位置。

内存泄漏的另一个常用定义（例如在 `dbx` 调试工具中）为：内存泄漏是一个动态分配的内存块，在程序的数据空间中没有任何指向它的指针。此处所使用的泄漏定义包括这种替换的定义，但也包括存在指针的内存。

MPI 跟踪数据

收集器可以收集有关对消息传递接口 (Message Passing Interface, MPI) 库的调用的数据。

使用开源 VampirTrace 5.5.3 发行版来实现 MPI 跟踪。该跟踪可识别以下 VampirTrace 环境变量：

`VT_STACKS`

控制是否在数据中记录调用堆栈。缺省设置为 1。将 `VT_STACKS` 设置为 0 将禁用调用堆栈。

`VT_BUFFER_SIZE`

控制 MPI API 跟踪收集器的内部缓冲区的大小。缺省值为 64M（64 兆字节）。

VT_MAX_FLUSHES	控制在终止 MPI 跟踪前刷新缓冲区的次数。缺省值是 0，这表示只要缓冲区满了就允许刷新到磁盘。将 VT_MAX_FLUSHES 设置为正数将为刷新缓冲区的次数设置限制。
VT_VERBOSE	启用各种错误和状态消息显示。缺省值为 1，在此情况下可打开紧急的错误和状态消息。如果出现问题，请将此变量设置为 2。

有关这些变量的更多信息，请参见 [Technische Universität Dresden Web 站点上的 Vampirtrace 用户手册](#)。

在达到缓冲区限制之后发生的 MPI 事件将不会写入跟踪文件，这将导致跟踪不完整。

要去掉限制并获取应用程序的完整跟踪，请将 VT_MAX_FLUSHES 环境变量设置为 0。该设置将导致 MPI API 跟踪收集器在缓冲区已满时刷新磁盘的缓冲区。

要更改缓冲区大小，请设置 VT_BUFFER_SIZE 环境变量。该变量的最佳值取决于要跟踪的应用程序。设置较小的值将增加应用程序可以使用的内存，但是将触发 MPI API 跟踪收集器频繁进行缓冲区刷新。这些缓冲区刷新可能会显著改变应用程序的行为。另一方面，设置较大的值（如 2 G）可以使 MPI API 跟踪收集器刷新缓冲区的次数降至最低，但是将减少应用程序可以使用的内存。如果没有足够的内存可用来容纳缓冲区和应用程序数据，应用程序的某些部分可能会交换至磁盘，从而导致应用程序的行为发生显著改变。

下面列出了用于收集数据的函数。

MPI_Abort	MPI_Accumulate	MPI_Address
MPI_Allgather	MPI_Allgatherv	MPI_Allreduce
MPI_Alltoall	MPI_Alltoallv	MPI_Alltoallw
MPI_Attr_delete	MPI_Attr_get	MPI_Attr_put
MPI_Barrier	MPI_Bcast	MPI_Bsend
MPI_Bsend-init	MPI_Buffer_attach	MPI_Buffer_detach
MPI_Cancel	MPI_Cart_coords	MPI_Cart_create
MPI_Cart_get	MPI_Cart_map	MPI_Cart_rank
MPI_Cart_shift	MPI_Cart_sub	MPI_Cartdim_get
MPI_Comm_compare	MPI_Comm_create	MPI_Comm_dup
MPI_Comm_free	MPI_Comm_group	MPI_Comm_rank
MPI_Comm_remote_group	MPI_Comm_remote_size	MPI_Comm_size

MPI_Comm_split	MPI_Comm_test_inter	MPI_Dims_create
MPI_Errhandler_create	MPI_Errhandler_free	MPI_Errhandler_get
MPI_Errhandler_set	MPI_Error_class	MPI_Error_string
MPI_File_close	MPI_File_delete	MPI_File_get_amode
MPI_File_get_atomicsity	MPI_File_get_byte_offset	MPI_File_get_group
MPI_File_get_info	MPI_File_get_position	MPI_File_get_position_shared
MPI_File_get_size	MPI_File_get_type_extent	MPI_File_get_view
MPI_File_iread	MPI_File_iread_at	MPI_File_iread_shared
MPI_File_iwrite	MPI_File_iwrite_at	MPI_File_iwrite_shared
MPI_File_open	MPI_File_preallocate	MPI_File_read
MPI_File_read_all	MPI_File_read_all_begin	MPI_File_read_all_end
MPI_File_read_at	MPI_File_read_at_all	MPI_File_read_at_all_begin
MPI_File_read_at_all_end	MPI_File_read_ordered	MPI_File_read_ordered_begin
MPI_File_read_ordered_end	MPI_File_read_shared	MPI_File_seek
MPI_File_seek_shared	MPI_File_set_atomicsity	MPI_File_set_info
MPI_File_set_size	MPI_File_set_view	MPI_File_sync
MPI_File_write	MPI_File_write_all	MPI_File_write_all_begin
MPI_File_write_all_end	MPI_File_write_at	MPI_File_write_at_all
MPI_File_write_at_all_begin	MPI_File_write_at_all_end	MPI_File_write_ordered
MPI_File_write_ordered_begin	MPI_File_write_ordered_end	MPI_File_write_shared
MPI_Finalize	MPI_Gather	MPI_Gatherv
MPI_Get	MPI_Get_count	MPI_Get_elements
MPI_Get_processor_name	MPI_Get_version	MPI_Graph_create
MPI_Graph_get	MPI_Graph_map	MPI_Graph_neighbors
MPI_Graph_neighbors_count	MPI_Graphdims_get	MPI_Group_compare
MPI_Group_difference	MPI_Group_excl	MPI_Group_free
MPI_Group_incl	MPI_Group_intersection	MPI_Group_rank
MPI_Group_size	MPI_Group_translate_ranks	MPI_Group_union
MPI_Ibsend	MPI_Init	MPI_Init_thread

MPI_Intercomm_create	MPI_Intercomm_merge	MPI_Irecv
MPI_Irsend	MPI_Isend	MPI_Issend
MPI_Keyval_create	MPI_Keyval_free	MPI_Op_create
MPI_Op_free	MPI_Pack	MPI_Pack_size
MPI_Probe	MPI_Put	MPI_Recv
MPI_Recv_init	MPI_Reduce	MPI_Reduce_scatter
MPI_Request_free	MPI_Rsend	MPI_rsend_init
MPI_Scan	MPI_Scatter	MPI_Scatterv
MPI_Send	MPI_Send_init	MPI_Sendrecv
MPI_Sendrecv_replace	MPI_Ssend	MPI_Ssend_init
MPI_Start	MPI_Startall	MPI_Test
MPI_Test_cancelled	MPI_Testall	MPI_Testany
MPI_Testsome	MPI_Topo_test	MPI_Type_commit
MPI_Type_contiguous	MPI_Type_extent	MPI_Type_free
MPI_Type_hindexed	MPI_Type_hvector	MPI_Type_indexed
MPI_Type_lb	MPI_Type_size	MPI_Type_struct
MPI_Type_ub	MPI_Type_vector	MPI_Unpack
MPI_Wait	MPI_Waitall	MPI_Waitany
MPI_Waitsome	MPI_Win_create	MPI_Win_create
MPI_Win_fence	MPI_Win_free	MPI_Win_lock
MPI_Win_post	MPI_Win_start	MPI_Win_test
MPI_Win_unlock		

MPI 跟踪数据会被转换为以下度量。

表 2-4 MPI 跟踪度量

度量	定义
MPI 发送数	已启动 MPI 点对点发送数
发送的 MPI 字节	“MPI 发送”中的字节数
MPI 接收数	已完成 MPI 点对点接收数

表 2-4 MPI 跟踪度量 (续)

度量	定义
接收的 MPI 字节	“MPI 接收”中的字节数
MPI 时间	对 MPI 函数的所有调用所花费的时间
其他 MPI 事件	对既没有发送也没有接收点对点消息的 MPI 函数的调用数

MPI 时间是 MPI 函数中所用的总线程时间。如果还收集了 MPI 状态时间，则除 MPI_Init 和 MPI_Finalize 之外的所有 MPI 函数的 MPI 工作时间加上 MPI 等待时间应大约等于 MPI 工作时间。在 Linux 上，MPI 等待和工作基于用户 CPU 时间加系统 CPU 时间，而 MPI 时间基于实际时间，所以这些数值将不匹配。

当前，仅针对点对点消息收集 MPI 字节和消息计数；不针对集体通信函数记录 MPI 字节和消息计数。“接收的 MPI 字节”度量会计算所有消息中接收的实际字节数。“发送的 MPI 字节”会计算所有消息中发送的实际字节数。“MPI 发送数”会计算发送的消息数，“MPI 接收数”会计算接收的消息数。

收集 MPI 跟踪数据有助于标识 MPI 程序中可能因 MPI 调用而产生性能问题的位置。可能发生的性能问题的例子有负载平衡、同步延迟和通信瓶颈。

全局（抽样）数据

全局数据由收集器以称为**样本数据包**的数据包来记录。每个包中都包含一个数据包头、时间戳、内核的执行统计数据（如缺页和 I/O 数据）、上下文切换以及各种页面驻留（工作集和分页）统计数据。记录在样本包中的数据对程序来说是全局的，且不会转换为性能度量。记录样本包的过程称为抽样。

在以下情况下，样本包会被记录下来：

- 当程序在 IDE 中进行调试期间或在 dbx 中因任何原因停止时（如在断点处，前提是设置了有关在断点处停止的选项）
- 如果选择了周期抽样，则在抽样间隔时间结束时。抽样间隔被指定为以秒为单位的整数。缺省值为 1 秒
- 使用 dbx collector sample record 命令手动记录样本时
- 如果代码中包含对 collector_sample 的调用，则在调用该例程时（请参见第 44 页中的“数据收集的程序控制”）
- 如果将 -l 选项与 collect 命令一起使用，则在传送指定信号时（请参见 collect(1) 手册页）
- 开始和终止收集时
- 使用 dbx collector pause 命令暂停收集时（就在暂停之前）和使用 dbx collector resume 命令恢复收集时（就在恢复之后）
- 创建后续进程前后

性能工具使用记录在样本包中的数据，按时间周期将数据分组，这称为样本。您可以通过选择一组样本过滤特定于事件的数据，以便只查看这些特定时间周期的信息。您也可以查看每个样本的全局数据。

性能工具不对不同种类的采样点进行区分。要利用采样点进行分析，您应只选择一种点进行记录。具体地说，如果要记录与程序结构或执行序列有关的样本点，则应关闭定期抽样，并使用在 `dbx` 停止进程时，或将信号传送到正使用 `collect` 命令记录数据的进程时，或调用收集器 API 函数时记录的样本。

如何将度量分配到程序结构

使用与特定事件的数据一起记录的调用堆栈将度量分配到程序指令。如果该信息可用，则会将每条指令都映射到一行源代码，而分配到该指令的度量也被分配到该行源代码。有关如何完成此过程的更多详细说明，请参见第 6 章，[了解性能分析器及其数据](#)。

除了源代码和指令，还会将度量分配到更高级别的对象：函数和装入对象。调用堆栈包含在执行分析时记录的有关函数调用到达指令地址的序列的信息。性能分析器使用调用堆栈来计算程序中每个函数的度量。这些度量称为函数级度量。

函数级度量：独占、非独占和归属

性能分析器可计算三种类型的函数级度量：独占度量、非独占度和归属度量。

- 函数的独占度量通过函数本身内部发生的事件计算得出：这种度量不包括来自对其他函数调用的度量。
- 非独占度量通过函数本身和其调用的函数内部发生的事件计算得出：这种度量包括来自对其他函数调用的度量。
- 归属度量说明了非独占度量在多大程度上来自对（或从）其他函数的调用：这种度量归属到其他函数的度量。

对于只出现在调用堆栈底部的函数（叶函数），独占度量和非独占度量是相同的。

对于装入对象，也要计算独占度量和非独占度量。装入对象的独占度量通过累加装入对象中所有函数上函数级别的度量计算得出。装入对象的非独占度量与函数的非独占度量的计算方法相同。

函数的独占度量和非独占度量给出了有关所有通过函数记录的路径信息。归属度量给出了有关通过函数记录的特定路径的信息。这些度量显示了度量在多大程度上来自特定函数调用。调用中所涉及的两个函数被描述为**调用方**和**被调用方**。对于调用树中的每个函数：

- 函数调用方的归属度量说明了函数的非独占度量在多大程度上归因于来自每个调用方的调用。调用方的归属度量的总和等于函数的非独占度量。

- 函数的被调用方的归属度量说明了函数的非独占度量在多大程度上来自对每个被调用方的调用。它们的和加上函数的独占度量等于函数的非独占度量。

各度量间的关系可通过以下等式表示：

$$\sum_{\text{调用方}} \text{归属度量} = \text{非独占度量} = \left(\sum_{\text{被调用方}} \text{归属度量} + \text{独占度量} \right)$$

通过比较调用方或被调用方的归属度量和非独占度量，可以得到以下进一步的信息：

- 调用方的归属度量和非独占度量之间差额说明了度量在多大程度上来自对其他函数的调用以及调用方本身的工作。
- 被调用方的归属度量和非独占度量之间的差额说明了被调用方的非独占度量在多大程度上来自从其他函数对它的调用。

要定位可改善程序性能的位置，请执行以下操作：

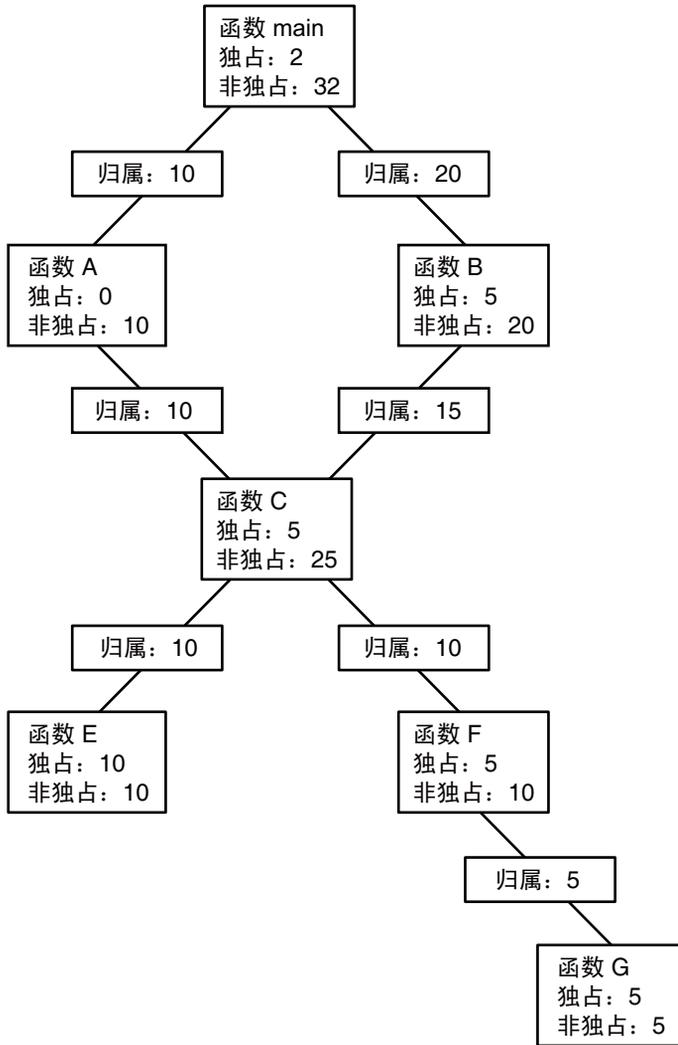
- 使用独占度量定位具有高度量值的函数。
- 使用非独占度量确定程序中哪个调用序列负责高度量值。
- 使用归属度量跟踪负责高度量值的函数的特定调用序列。

解释归属度量：示例

图 2-1 中说明了独占、非独占和归属度量，该图包含完整的调用树。其中的焦点是中心函数，即函数 C。

图的后面显示了该程序的伪代码。

图 2-1 说明独占、非独占和归属度量的调用树



Main 函数调用函数 A 和函数 B，将 10 个单位的非独占度量归属函数 A 并将 20 个单位归属函数 B。这些是函数 Main 的被调用方归属度量。它们的总和 (10+20) 加上函数 Main 的独占度量等于函数 main 的非独占度量 (32)。

由于函数 A 将其所有时间都花费在对函数 C 的调用上，因此它的独占度量为 0 个单位。

函数 C 由函数 A 和函数 B 这两个函数调用，将 10 个单位的非独占度量归属函数 A 并将 15 个单位归属函数 B。这些是调用方归属度量。它们的总和 (10+15) 等于函数 C 的非独占度量 (25)。

调用方归属度量相当于函数 A 和 B 的非独占度量与独占度量之间的差异，这表示它们各自仅调用函数 C。（事实上，这些函数可能调用其他函数，但时间很短，不会显示在实验中。）

函数 C 调用函数 E 和函数 F 这两个函数，将 10 个单位的非独占度量归属函数 E 并将 10 个单位归属函数 F。这些是被调用方归属度量。它们的总和 (10+10) 加上函数 C 的独占度量 (5) 等于函数 C 的非独占度量 (25)。

对于函数 E 和函数 F 来说，被调用方归属度和被调用方非独占度量是相同的。这表示函数 E 和函数 F 都仅由函数 C 调用。对于函数 E 来说，独占度量和非独占度量是相同的，但对于函数 F 来说则不同。这是由于函数 F 调用另一个函数（函数 G），而函数 E 没有。

下面显示了该程序的伪代码。

```
main() {
    A();
    /Do 2 units of work;/
    B();
}

A() {
    C(10);
}

B() {
    C(7.5);
    /Do 5 units of work;/
    C(7.5);
}

C(arg) {
    /Do a total of "arg" units of work, with 20% done in C itself,
    40% done by calling E, and 40% done by calling F./
}
```

递归如何影响函数级度量

递归函数直接或间接的调用使得度量的计算复杂化。性能分析器将函数的度量作为一个整体显示，而不是显示函数的每个调用的度量：因此，必须将一系列递归调用的度量压缩为单一度量。这不会影响通过调用堆栈底部的函数（叶函数）计算得出的独占度量，但会影响非独占度和归属度量。

非独占度量是通过将事件的度量添加到调用堆栈中函数的非独占度量来计算的。为了确保在递归调用堆栈中不重复计算度量，事件的度量仅能向每个唯一函数的非独占度量添加一次。

归属度量是通过非独占度量来计算的。在最简单的递归中，递归函数具有两个调用方：它本身和另一个函数（初始化函数）。如果在最后的调用中完成了所有工作，会将递归函数的非独占度量归属到它本身，而不是初始化函数。之所以发生此归属，是

因为递归函数的所有更高调用的非独占度量均被视为零，以避免重复计算度量。但是，初始化函数会由于递归调用而作为被调用方正确归属到递归函数的非独占度量部分。

收集性能数据

性能分析的第一个阶段是数据收集。本章介绍了进行数据收集的要求、数据的存储位置、如何收集数据以及如何管理数据收集。有关数据本身的更多信息，请参见第 2 章，性能数据。

从内核收集数据需要单独的工具 `er_kernel`。有关更多信息，请参见第 9 章，内核分析。

本章包含以下主题。

- 第 39 页中的“编译和链接程序”
- 第 41 页中的“为数据收集和分析准备程序”
- 第 47 页中的“数据收集的限制”
- 第 51 页中的“数据的存储位置”
- 第 53 页中的“估计存储要求”
- 第 54 页中的“收集数据”
- 第 54 页中的“使用 `collect` 命令收集数据”
- 第 66 页中的“使用 `dbx collector` 子命令收集数据”
- 第 71 页中的“在 Oracle Solaris 平台上使用 `dbx` 从正在运行的进程中收集数据”
- 第 73 页中的“从 MPI 程序收集数据”
- 第 75 页中的“从脚本收集数据”
- 第 76 页中的“将 `collect` 和 `ppgsz` 一起使用”

编译和链接程序

无论程序使用何种编译器选项进行编译，您都可以为该程序收集和分析数据，但有些选项会影响能够在性能分析器中收集或查看的内容。以下几个小节介绍了在编译和链接程序时应考虑的问题。

源代码信息

要查看带注释的“源代码”和“反汇编”分析中的源代码以及“行”分析中的源代码行，就必须使用 `-g` 编译器选项（对于 C++ 来说为用于启用前端内联的 `-g0`）编译感兴趣的源文件，以生成调试符号信息。调试符号信息的格式可以是 DWARF2 或 stabs，由 `-xdebugformat=(dwarf|stabs)` 指定。缺省的调试格式是 dwarf。

要准备带有调试信息的编译对象来允许数据空间分析（当前仅适用于 SPARC 处理器），请通过指定 `-xhwcprof` 和任何级别的优化来进行编译。（目前，这种功能在未经过优化的情况下无法使用。要查看“数据对象”分析中的程序数据对象，也要添加 `-g`（对于 C++ 来说为 `-g0`）以获取全部符号信息。

对于一些 SPARC 处理器上的精确硬件计数器的内存空间分析，不需要使用 `-xhwcprof` 编译和优化。有关更多信息，请参见第 149 页中的“数据空间分析和内存空间分析”。

用 DWARF 格式的调试符号生成的可执行文件和库会自动包括每个要素目标文件调试符号的副本。如果用 stabs 格式的调试符号生成的可执行文件和库是通过 `-xs` 选项（该选项将 stabs 符号保留在各个目标文件及可执行文件中）进行链接的，那么所生成的可执行文件和库中也会包括每个要素目标文件调试符号的副本。当您需要移动或删除目标文件时，包括这些信息尤为重要。使用可执行文件和库本身中的所有调试符号，可以更容易地将实验和与程序相关的文件移至新位置。

静态链接

编译程序时，必须使用 `-dn` 和 `-Bstatic` 编译器选项打开动态链接。如果试图收集完全静态链接的程序的跟踪数据，则收集器会列显一条错误消息并且不收集数据。出现此错误的原因在于，当您运行收集器时，该收集器库也会像其他库一样动态装入。

请不要静态链接任何系统库。如果您执行了静态链接，则可能无法收集任何种类的跟踪数据。另外，请不要链接到收集器库 `libcollector.so`。

共享对象处理

通常，`collect` 命令会为目标地址空间中的所有共享对象收集数据，而不管这些对象是在初始库列表中，还是使用 `dlopen()` 显式装入。但是，在某些情况下不会分析某些共享对象：

- 利用延迟装入调用目标程序时。在这种情况下，库不是在启动时装入的，并且不是通过显式调用 `dlopen()` 装入的，因此共享对象不包括在实验中，其中的所有 PC 将映射到 `<Unknown>` 函数。解决方法是设置 `LD_BIND_NOW` 环境变量，该设置可强制在启动时装入库。
- 使用 `-B` 选项生成可执行文件时。在这种情况下，通过专门针对 `dlopen()` 动态链接程序入口点的调用来动态装入对象，并且忽略 `libcollector` 插入。共享对象名称不包括在实验中，其中的所有 PC 将映射到 `<Unknown>()` 函数。解决方法是不使用 `-B` 选项。

编译时优化

如果使用在某一级别打开的优化来编译程序，编译器就可以重新安排执行顺序，这样就无须严格按照程序中行的顺序来执行程序。性能分析器可以分析在优化后的代码中收集的实验，但它在反汇编级别所显示的数据通常很难与初始源代码行相关联。此外，如果编译器执行尾部调用优化，则调用序列可能与预期的序列不同。有关更多信息，请参见第 153 页中的“尾部调用优化”。

编译 Java 程序

用 `javac` 命令编译 Java 程序无需任何特殊操作。

为数据收集和分析准备程序

对于大多数程序来说，您不必为数据收集和分析做任何特殊的准备。如果程序执行下列任一操作，则应当阅读下面的一个或多个小节：

- 安装信号处理程序
- 显式动态装入系统库
- 动态编译函数
- 创建要分析的后续进程
- 使用异步 I/O 库
- 直接使用分析计时器或硬件计数器 API
- 调用 `setuid(2)` 或执行 `setuid` 文件

此外，如果要在运行时控制程序中的数据收集，还应当阅读相关小节。

使用动态分配的内存

许多程序依赖于动态分配的内存，它们使用诸如以下各项的功能：

- `malloc`、`valloc` 和 `alloca` (C/C++)
- `new` (C++)
- 堆栈局部变量 (Fortran)
- `MALLOC` 和 `MALLOC64` (Fortran)

必须小心确保程序不依赖于动态分配的内存的初始内容，除非内存分配方法明确地说明要设置初始值：例如，比较 `malloc(3C)` 手册页中对 `calloc` 和 `malloc` 的描述。

偶尔，使用动态分配的内存的程序似乎可以单独地正常运行，但是启用性能数据收集之后就会失败。症状可能包括意外的浮点行为、段故障或特定于应用程序的错误消息。

如果应用程序单独运行时未初始化的内存偶然设置为良性值，但应用程序与性能数据收集工具一起运行时未初始化的内存被设置为其他值，则会出现这种行为。发生这种情况时，问题不出在性能工具上。依赖于动态分配的内存内容的任何应用程序都具有潜在的已知问题：除非明确说明使用其他方式，否则操作系统将为动态分配的内存随机提供任意内容。即使目前操作系统会始终将动态分配的内存设置为某个值，但是将来在使用操作系统的后续修订版或将程序移植到其他操作系统时，这些潜在的已知问题会引起意外的行为。

下列工具可以帮助您找到这些潜在的已知问题：

- `f95 -xcheck=init_local`
有关更多信息，请参见《Fortran 用户指南》或 `f95(1)` 手册页。
- `lint` 实用程序
有关更多信息，请参见《C 用户指南》或 `lint(1)` 手册页。
- `dbx` 下的运行时检查
有关更多信息，请参见《使用 `dbx` 调试程序》手册或 `dbx(1)` 手册页。
- Rational Purify

使用系统库

收集器插入各种系统库的函数，以收集跟踪数据并确保数据收集的完整性。下面的列表描述了收集器插入库函数调用的情况。

- 收集同步等待跟踪数据。在 Oracle Solaris 上，收集器插入 Oracle Solaris C 库 `libc.so` 中的函数。
- 收集堆跟踪数据。收集器插入函数 `malloc`、`realloc`、`memalign` 和 `free`。这些函数的版本可以在 C 标准库 `libc.so` 和其他库（如 `libmalloc.so` 和 `libmtmalloc.so`）中找到。
- 收集 MPI 跟踪数据。收集器从指定的 MPI 库插入函数。
- 确保时钟数据的完整性。收集器插入 `setitimer` 并阻止程序使用分析计时器。
- 确保硬件计数器数据的完整性。收集器插入硬件计数器库 `libcpc.so` 中的函数并阻止程序使用计数器。程序对该库中函数的调用的返回值是 `-1`。
- 针对后续进程启用数据收集。收集器插入函数 `fork(2)`、`fork1(2)`、`vfork(2)`、`fork(3F)`、`posix_spawn(3p)`、`posix_spawnp(3p)`、`system(3C)`、`system(3F)`、`sh(3F)`、`popen(3C)` 和 `exec(2)` 及其变体。对 `vfork` 的调用已在内部被替换为对 `fork1` 的调用。这些插入仅适用于 `collect` 命令。
- 保证由收集器处理 `SIGPROF` 和 `SIGEMT` 信号。收集器插入 `sigaction` 以确保其信号处理程序是这些信号的主信号处理程序。

在某些情况下，插入不会成功：

- 将程序与任何包含被插入的函数的库进行静态链接。
- 将 `dbx` 附加到运行中的未预装入收集器库的应用程序。
- 动态装入其中一个库并通过只在该库中搜索来解析符号。

收集器插入失败可能会导致性能数据丢失或无效。

`er_sync.so`、`er_heap.so` 和 `er_mpviewn.so`（其中 n 表示 MPI 版本）库仅在分别请求同步等待跟踪数据、堆跟踪数据或 MPI 跟踪数据时装入。

使用信号处理程序

收集器使用两个信号来收集分析数据：`SIGPROF` 用于所有实验；`SIGEMT`（在 Solaris 平台上）或 `SIGIO`（在 Linux 平台上）仅用于硬件计数器实验。收集器为其中的每个信号安装一个信号处理程序。该信号处理程序截获并处理它自己的信号，但是会将其他信号传递到所安装的其他信号处理程序。如果程序为这些信号安装其自己的信号处理程序，则收集器会将其信号处理程序作为主处理程序重新安装，以保证性能数据的完整性。

`collect` 命令还可以将用户指定的信号用于暂停和恢复数据收集以及记录样本。尽管在安装用户处理程序时向实验中写入警告，但这些信号不受收集器保护。确保收集器对指定信号的使用与应用程序对相同信号的使用之间没有冲突是您的责任。

由收集器安装的信号处理程序会设置一个确保系统调用不被信号传送中断的标志。如果程序的信号处理程序将该标志设置为允许中断系统调用，则设置该标志可以更改程序的行为。在异步 I/O 库 `libaio.so` 中就有行为更改的重要示例，它将 `SIGPROF` 用于异步取消操作，并且中断系统调用。如果已安装收集器库 `libcollector.so`，则取消信号总是来得太迟，以至于无法取消异步 I/O 操作。

如果在未预装入收集器库的情况下将 `dbx` 附加到进程并启用性能数据收集，并且程序随后安装其自身的信号处理程序，则收集器不再重新安装其自身的信号处理程序。在这种情况下，程序的信号处理程序必须确保 `SIGPROF` 和 `SIGEMT` 信号被传递，以便性能数据不丢失。如果程序的信号处理程序中断系统调用，那么程序行为和分析行为都将与预装入收集器库时不同。

使用 `setuid` 和 `setgid`

由于动态装入器实施了一定的限制，因此将难以使用 `setuid(2)` 和收集性能数据。如果您的程序调用 `setuid` 或执行 `setuid` 文件，则收集器可能无法写入实验文件，原因是它缺少新用户 ID 的必需权限。

`collect` 命令通过将共享库 `libcollector.so` 插入目标的地址空间 (`LD_PRELOAD`) 来运行。如果对调用 `setuid` 或 `setgid` 或创建调用 `setuid` 或 `setgid` 的子孙进程的可执行文

件调用过的 `collect` 命令进行调用，可能会出现多个问题。如果您不是超级用户，在运行实验时，收集会因为共享库未安装在可信目录中而失败。解决方法是以超级用户身份运行实验，或使用 `crle(1)` 授予权限。应对安全障碍时请格外小心，操作风险需自行承担。

运行 `collect` 命令时，必须为您、由使用 `exec()` 执行的程序的 `setuid` 属性和 `setgid` 属性设置的任何用户或组以及该程序自身设置的任何用户或组，将 `umask` 设置为允许写权限。如果未正确设置掩码，某些文件可能无法写入实验，并且可能无法处理实验。如果可以写入日志文件，尝试处理实验时将显示错误。

如果目标本身发出了设置 `UID` 或 `GID` 的任何系统调用，或者如果目标更改其 `umask`，然后对其他某个可执行文件派生或运行 `exec()`，或者 `crle` 用于配置运行时链接程序如何搜索共享对象，则可能会出现其他问题。

如果在更改其有效 `GID` 的目标上以超级用户身份启动实验，实验终止时自动运行的 `er_archive` 进程将失败，原因是它需要未标记为可信的共享库。在这种情况下，您可以在实验终止后立即在记录实验的计算机上明确地手动运行 `er_archive` 实用程序（或 `er_print` 实用程序或 `analyzer` 命令）。

数据收集的程序控制

如果要控制程序中的数据收集，收集器共享库 `libcollector.so` 包含了一些可以使用的 API 函数。这些函数是用 C 语言编写的。另外，也提供 Fortran 接口。C 接口和 Fortran 接口都是在由库所提供的头文件中定义的。

API 函数定义如下所示。

```
void collector_sample(char *name);
void collector_pause(void);
void collector_resume(void);
void collector_terminate_expt(void);
```

CollectorAPI 类为 Java 程序提供了类似的功能，第 45 页中的“Java 接口”中对其进行了介绍。

C 和 C++ 接口

可以通过包括 `collectorAPI.h` 并与 `-lcollectorAPI`（包含用于检查底层 `libcollector.so` API 函数是否存在的实际函数）相链接来访问收集器 API 的 C 和 C++ 接口。

如果没有活动的实验，API 调用将被忽略。

Fortran 接口

Fortran API `libfcollector.h` 文件定义了库的 Fortran 接口。要使用该库，必须使用 `-lcollectorAPI` 链接应用程序。（还提供了该库的替代名称 `-lfcollctor`，目的在于实现向后兼容性。除动态函数、线程暂停和恢复调用等功能外，Fortran API 提供了与 C 和 C++ API 相同的功能。

要使用 Fortran 的 API 函数，请插入下面的语句：

```
include "libfcollector.h"
```

注 – 请勿使用 `-lcollector` 链接任何语言的程序。否则，收集器可能会出现不可预知的行为。

Java 接口

使用以下语句可以导入 `CollectorAPI` 类并访问 Java API。但是请注意，必须使用指向 `/installation_directory/lib/collector.jar` 的类路径来调用应用程序，其中 `installation_directory` 是 Oracle Solaris Studio 软件的安装目录。

```
import com.sun.forte.st.collector.CollectorAPI;
```

Java `CollectorAPI` 方法的定义如下所示：

```
CollectorAPI.sample(String name)  
CollectorAPI.pause()  
CollectorAPI.resume()  
CollectorAPI.terminate()
```

除动态函数 API 之外，Java API 包含与 C 和 C++ API 相同的函数。

C 头文件 `libcollector.h` 包含一些宏，这些宏的作用是如果当时未在收集数据，则跳过对实际 API 函数的调用。在这种情况下，不动态装入函数。但是，由于在某些情况下这些宏不能很好地运行，所以使用这些宏会有风险。使用 `collectorAPI.h` 较为安全，因为它不使用宏，而是直接引用函数。

如果正在收集性能数据，则 Fortran API 子例程会调用 C API 函数，否则这些子例程将返回。检查的开销很低，不会对程序性能产生太大的影响。

如本章稍后所述，要收集性能数据就必须使用收集器运行您的程序。插入对 API 函数的调用不会启用数据收集功能。

如果要在多线程程序中使用 API 函数，应当确保它们只由一个线程调用。API 函数执行适用于进程（而不是单独的线程）的操作。如果每个线程都调用 API 函数，则记录的数据可能会与预期不同。例如，如果一个线程在其他线程到达程序中的同一点之前调用了 `collector_pause()` 或 `collector_terminate_expt()`，则会针对所有线程暂停或终止收集，从而丢失那些正在执行 API 调用之前代码的线程的数据。

C、C++、Fortran 和 Java API 函数

对 API 函数的描述如下所示。

- **C 和 C++:** `collector_sample(char *name)`

Fortran: `collector_sample(string name)`

Java: `CollectorAPI.sample(String name)`

记录样本包并用指定的名称或字符串标记该样本。当在“时间线”标签中选择一个样例时，性能分析器将在“时间线详细信息”标签中显示此标签。Fortran 参数 `string` 的类型为 `character`。

样本点包含进程（而不是单独的线程）的数据。在多线程应用程序中，如果在 `collector_sample()` API 函数记录样本时发生另一个调用，则该函数可确保只写入一个样本。所记录的样本数可能会少于发出该调用的线程数。

性能分析器不对由不同机制记录的样本进行区分。如果只想查看 API 调用所记录的样本，则应当在记录性能数据时关闭所有其他抽样模式。

- **C、C++ 和 Fortran:** `collector_pause()`

Java: `CollectorAPI.pause()`

停止将特定于事件的数据写入实验。实验将保持打开状态，并将继续写入全局数据。如果没有活动的实验或者已经停止记录数据，则该调用将被忽略。该函数停止写入所有特定于事件的数据，即使它是由 `collector_thread_resume()` 函数针对特定线程启用的也是如此。

- **C、C++ 和 Fortran:** `collector_resume()`

Java: `CollectorAPI.resume()`

在调用 `collector_pause()` 之后恢复将特定于事件的数据写入实验。如果没用活动的实验或数据记录功能处于活动状态，则该调用将被忽略。

- **C、C++ 和 Fortran:** `collector_terminate_expt()`

Java: `CollectorAPI.terminate`

终止其数据正在被收集的实验。不再收集数据，但程序继续正常运行。如果没有活动的实验，则该调用将被忽略。

动态函数和模块

如果 C 或 C++ 程序向程序的数据空间动态编译函数，而且您希望在性能分析器中查看动态函数或模块的数据，那么，您必须向收集器提供信息。该信息由对收集器 API 函数的调用传递。API 函数的定义如下所示。

```
void collector_func_load(char *name, char *alias,
    char *sourcename, void *vaddr, int size, int lntsize,
    Lineno *lntable);
void collector_func_unload(void *vaddr);
```

您不必将这些 API 函数用于由 Java HotSpot 虚拟机编译的 Java 方法，该虚拟机使用的是另一个接口。Java 接口提供已编译到收集器的方法的名称。您可以查看 Java 编译方法的函数数据和带注释的反汇编列表，但不能查看带注释的源代码列表。

对 API 函数的描述如下所示。

collector_func_load()

将有关动态编译的函数的信息传递到收集器，以便在实验中进行记录。下表对参数列表进行了描述。

表 3-1 collector_func_load() 的参数列表

参数	定义
name	性能工具所使用的动态编译函数的名称。该名称不必是函数的实际名称。虽然该名称不应包含嵌入的空格或引号字符，但无须遵循通常的函数命名约定。
alias	用于描述函数的任意字符串。它可以是 NULL。它不经过任何方式的解释，可以包含嵌入的空格。它显示在分析器的“摘要”标签中。它可用于指示函数的内容或动态构造函数的原因。
sourcename	构造函数时所在源文件的路径。它可以是 NULL。该源文件用于带注释的源代码列表。
vaddr	函数的装入地址。
size	以字节为单位的函数大小。
lntsize	对行号表中条目数量的计数。如果未提供行号信息，则计数应为零。
lntable	包含 lntsize 条目的表，其中每个条目都是一对整数。第一个整数是偏移量，第二个整数是行号。在一个条目的偏移量和下一个条目中所给出的偏移量之间的所有指令都归属于在第一个条目中提供的行号。偏移量必须按数字升序列出，但行号的顺序可以是任意的。如果 lntable 为 NULL，则没有可用的函数源代码列表，不过反汇编列表是可用的。

collector_func_unload()

通知收集器位于地址 vaddr 的动态函数已卸载。

数据收集的限制

本节描述了数据收集的限制，这些限制是由硬件、操作系统、程序的运行方式或收集器本身造成的。

对同时收集不同类型的数据来说，没有任何限制：您可以在收集某种数据类型的同时收集除计数数据以外的任何其他数据类型。

该收集器最多可支持 16,000 个用户线程。其他线程中的数据将被放弃，并生成收集器错误。要支持更多线程，请将 `SP_COLLECTOR_NUMTHREADS` 环境变量设置为更大的数字。

缺省情况下，该收集器收集深度最多为 256 帧的堆栈。要支持较深的堆栈，请将 `SP_COLLECTOR_STACKBUFSZ` 环境变量设置为更大的数字。

基于时钟的分析的限制

用于分析的分析间隔最小值和时钟精度取决于特定的操作环境。最大值设置为 1 秒。分析间隔值将向下舍入到最接近的时钟精度的整数倍。可以通过键入不带其他参数的 `collect -h` 命令来查找最小值和最大值以及时钟精度。

在 Linux 系统上，多线程应用程序的时钟分析所报告的线程数据可能不准确。内核并不总是按指定的间隔将分析信号传送到每个线程；有时，信号传送到错误的线程。如果可用，使用周期计数器进行的硬件计数器分析将提供更准确的线程数据。

时钟分析中的运行时失真和扩大

基于时钟的分析记录当 `SIGPROF` 信号传递到目标时的数据。这将导致在处理该信号和展开调用堆栈时产生扩大。调用堆栈越深，信号越频繁，扩大越显著。在一定程度上，基于时钟的分析表现出一些失真，这是由程序中那些执行最深堆栈部分的显著扩大而导致的。

请尽可能不要将缺省值设置为一个精确的毫秒数，而是将其设置为稍大于或稍小于某个精确数（例如，10.007 毫秒或 0.997 毫秒），以免与系统时钟关联，从而避免数据失真。在 SPARC 平台上，可以按照同样的方式来设置定制值（在 Linux 平台上不能设置定制值）。

收集跟踪数据的限制

只有在已预装入收集器库 `libcollector.so` 的情况下，才可以从已在运行的程序中收集任何种类的跟踪数据。有关更多信息，请参见第 72 页中的[“从正在运行的程序中收集跟踪数据”](#)。

跟踪过程中的运行时失真和扩大

跟踪数据使运行与被跟踪事件的数量成比例地扩大。如果完成了基于时钟的分析，则跟踪事件所引起的扩大将导致时钟数据失真。

硬件计数器溢出分析的限制

硬件计数器溢出分析存在多种限制：

- 只能在具有硬件计数器且支持溢出分析的处理器上收集硬件计数器溢出数据。在其他系统中，硬件计数器溢出分析功能处于禁用状态。UltraSPARC III 处理器系列之前的 UltraSPARC 处理器不支持硬件计数器溢出分析。
- 在 `cpustat(1)` 命令运行过程中无法在运行 Oracle Solaris 的系统上收集硬件计数器溢出数据，原因是 `cpustat` 控制了这些计数器，不允许用户进程使用它们。如果 `cpustat` 是在数据收集过程中启动的，则硬件计数器溢出分析将终止，而且会在实验中记录一条错误。
- 如果正在执行硬件计数器溢出分析，则无法使用自己代码中的硬件计数器。如果调用不是来自收集器，则收集器将插入 `libcpc` 库函数并返回一个返回值 `-1`。您应当对程序进行适当编码，使其在无法访问硬件计数器时能够正常工作。如果没有进行编码来对此加以处理，或者如果超级用户调用了同样使用计数器的系统范围的工具，或者如果该系统不支持计数器，程序将在硬件计数器分析过程中失败。
- 如果您试图通过向进程附加 `dbx` 来在使用硬件计数器库的正在运行的程序上收集硬件计数器数据，则实验可能会被破坏。

注 - 要查看所有可用计数器的列表，请运行不带其他参数的 `collect -h` 命令。

硬件计数器溢出分析中的运行时失真和扩大

硬件计数器溢出分析记录当 `SIGEMT` 信号（在 Solaris 平台上）或 `SIGIO` 信号（在 Linux 平台上）传递到目标时的数据。这将导致在处理该信号和展开调用堆栈时产生扩大。与基于时钟的分析不同的是，对于某些硬件计数器，程序的不同部分可能会比其他部分更快速地生成事件并显示在该部分代码中的扩大。程序中快速生成这类事件的任何部分都可能会显著失真。类似地，某些事件可能会在一个线程中与其他线程不成比例地生成。

后续进程中数据收集的限制

可以在某些限制下在后续进程中收集数据。

如果要在收集器所跟踪的所有后续进程中收集数据，就必须使用带有下列选项之一的 `collect` 命令：

- `-F on` 选项允许您针对 `fork`（及其变体）和 `exec`（及其变体）调用自动收集数据。
- `-F all` 选项导致收集器跟踪所有子孙进程（包括那些因调用 `system`、`popen`、`posix_spawn(3p)`、`posix_spawnnp(3p)` 和 `sh` 而产生的进程）。
- `-F '=regex'` 选项允许在其名称或沿袭与指定的正则表达式相匹配的所有后续进程上收集数据。

有关 `-F` 选项的更多信息，请参见第 60 页中的“实验控制选项”。

OpenMP 分析的限制

在执行程序期间收集 OpenMP 数据开销可能很大。可以通过设置 `SP_COLLECTOR_NO_OMP` 环境变量来压低开销。如果这样做，程序执行时间将显著缩短，但是将看不到自从属线程向上传播到调用方并最终传播到 `main()` 的数据，而在未设置该变量时通常情况下将能看到这些数据。

在此发行版中，OpenMP 3.0 的新收集器在缺省情况下是启用的。它可以分析使用显式任务的程序。只有在修补版本的 `libmstk.so` 可用时，才可以使用该新收集器分析使用早期的编译器生成的程序。如果尚未安装此修补版本，可以通过设置 `SP_COLLECTOR_OLDOMP` 环境变量来将数据收集切换至使用旧收集器。

OpenMP 分析功能仅对使用 Oracle Solaris Studio 编译器编译的应用程序可用，因为它取决于 Oracle Solaris Studio 编译器运行时。对于使用 GNU 编译器编译的应用程序，仅显示机器级别的调用堆栈。

Java 分析的限制

可以在下列限制下在 Java 程序中收集数据：

- 应当使用版本不低于 JDK 6 Update 18 的 Java 2 Software Development Kit (JDK)。收集器先在 `JDK_HOME` 环境变量或 `JAVA_PATH` 环境变量中设置的路径中查找 JDK。如果未设置这些变量，它将在 `PATH` 中查找 JDK。如果 `PATH` 中没有 JDK，它将在 `/usr/java/bin/java` 中查找 `java` 可执行文件。收集器会验证它找到的 `java` 可执行文件版本是否为 ELF 可执行文件，如果不是，则列显一条错误消息，指出所使用的环境变量或路径，以及已尝试使用的全路径名。
- 要获取热点编译代码的源代码行映射的更多详细信息，应该使用不低于 JDK 6, Update 20 的 JDK 版本或 JDK 7, build b85 早期访问版本。
- 必须使用 `collect` 命令来收集数据。无法使用 `dbx collector` 子命令。
- 如果应用程序所创建的后续进程运行 JVM 软件，则不能对这些应用程序进行分析。
- 某些应用程序不是纯 Java，而是 C 或 C++ 应用程序，它们调用 `dlopen()` 以装入 `libjvm.so`，然后通过调用 JVM 软件来启动 JVM 软件。要分析此类应用程序，请设置 `SP_COLLECTOR_USE_JAVA_OPTIONS` 环境变量，并将 `-j on` 选项添加到 `collect` 命令行。对于这种情况，请不要设置 `LD_LIBRARY_PATH` 环境变量。

用 Java 编程语言所编写的应用程序的运行时性能失真和扩大

Java 分析功能使用的 Java 虚拟机工具接口 (Java Virtual Machine Tool Interface, JVMTI) 可能会导致运行的失真和扩大。

对于基于时钟的分析和硬件计数器溢出分析，数据收集进程会对 JVM 软件进行各种调用，并使用信号处理程序处理分析事件。这些例程的开销和将实验写入磁盘的代价将扩大 Java 程序的运行时。这种扩大通常小于 10%。

数据的存储位置

应用程序的一次执行过程中所收集的数据称作实验。实验由存储在目录下的一组文件组成。实验的名称即目录的名称。

除记录实验数据以外，收集器还为程序所使用的装入对象创建自己的归档文件。这些归档文件包含装入对象中每个目标文件和函数的地址、大小和名称以及装入对象的地址和上次修改的时间戳。

缺省情况下，实验存储在当前目录中。如果该目录位于网络文件系统上，则存储数据所需的时间比在本地文件系统中长，而且可能会导致性能数据失真。如有可能，应始终尝试在本地文件系统中记录实验。可以在运行收集器时指定存储位置。

后续进程的实验存储在初始进程的实验内部。

实验名称

新实验的缺省名称为 `test.1.er`。后缀 `.er` 是必需的：如果您赋予的名称不具有该后缀，则系统会显示一条错误消息而且不接受该名称。

如果您选择使用格式为 `experiment.n.er` 的名称，（其中 n 是正整数），则收集器会将后续实验名称中的 n 自动递增 1。例如，`mytest.1.er` 的后面是 `mytest.2.er`、`mytest.3.er` 等。如果实验已经存在，收集器也会递增 n ，直到找到未使用的实验名称才停止递增 n 。如果实验名称不含 n 且实验存在，则收集器会列显一条错误消息。

实验组

实验可按组收集。组在实验组文件中定义，缺省情况下该文件存储在当前目录中。实验组文件是纯文本文件，它具有特殊的标题行，并在随后的每一行中显示实验名称。实验组文件的缺省名称为 `test.erg`。如果名称不以 `.erg` 结尾，则系统会显示一条错误并且不接受该名称。创建实验组后，您使用该组名运行的所有实验都会添加到该组中。

可以手动创建实验组文件，方法是创建第一行是如下内容的纯文本文件

```
#analyzer experiment group
```

然后将实验名称添加到随后的行中。文件的名称必须以 `.erg` 结尾。

还可以通过使用带有 `-g` 参数的 `collect` 命令来创建实验组。

子孙进程的实验

子孙进程的实验是沿袭命名的，如下所示。要形成子孙进程的实验名称，可将下划线、代码字母和数字添加到其创建者实验名称的主干中。代码字母 `f` 表示派生，`x` 表示执行，`c` 表示组合。数字是派生或执行的索引（无论是否成功）。例如，如果初始进程的实验名称为 `test.1.er`，则在第三次调用 `fork` 时为子进程创建的实验为 `test.1.er/_f3.er`。如果子进程成功调用 `exec`，则新后续进程的实验名称为 `test.1.er/_f3_x1.er`。

MPI 程序的实验

缺省情况下，MPI 程序的数据收集到 `test.1.er` 中，而 MPI 进程的所有数据都收集到子实验中，每个等级一个子实验。收集器使用 MPI 等级以格式 `M_rm.er` 构造子实验名称，其中 `m` 是 MPI 等级。例如，MPI 等级 1 的子实验数据将记录在 `test.1.er/M_r1.er` 目录中。

内核和用户进程上的实验

缺省情况下，内核上的实验命名为 `ktest.1.er` 而不是 `test.1.er`。当同时收集用户进程的数据时，内核实验将包含每个跟随的用户进程所对应的子实验。

子实验的命名格式为 `_process-name_PID_process-id.1.er`。例如，在进程 ID 1264 下运行的 `sshd` 进程上所运行的实验将命名为 `ktest.1.er/_sshd_PID_1264.1.er`。

移动实验

如果要将实验移到其他计算机以便对其进行分析，则应了解分析对在其中记录实验的操作环境的相关性。

归档文件包含计算函数级度量和显示时间线所必需的全部信息。但是，如果要查看带注释的源代码或带注释的反汇编代码，则必须能够访问与记录实验时所用装入对象或源文件相同的版本。

有关用于查找实验源代码的过程的说明，请参见第 173 页中的“工具如何查找源代码”。

为了确保能够看到程序的正确的带注释源代码和带注释反汇编代码，可以在移动或复制实验之前将源代码、目标文件和可执行文件复制到该实验中。可以通过使用 `collect` 命令的 `-A copy` 选项或 `dbx collector archive` 命令将装入对象自动复制到实验中。

估计存储要求

本节就如何对记录实验所需的磁盘空间量进行估计提供了一些指导。实验的大小直接取决于数据包的大小、记录数据包的速率、程序使用的 LWP 的数量和程序的执行时间。

数据包中包含特定于事件的数据和取决于程序结构（调用堆栈）的数据。取决于数据类型的数据量约为 50 到 100 个字节。调用堆栈数据由每个调用的返回地址组成，每个地址包含 4 个字节（在 64 位可执行文件中为 8 个字节）。记录了实验中的每个线程的数据包。请注意，对于 Java 程序，有两个相关的调用堆栈：Java 调用堆栈和机器调用堆栈，因此将导致向磁盘中写入更多的数据。

记录分析数据包的速率由时钟数据的分析间隔和硬件计数器数据的溢出值控制，对于跟踪函数，是跟踪函数出现的速率。对于分析间隔参数的选择也会因数据收集的开销而影响数据质量和程序性能的失真。这些参数的值越小，提供的统计信息越好，但开销也会越大。为了在获得较好统计信息和尽可能降低开销之间实现折衷，我们已经为分析间隔和溢出值选择了缺省值。值越小，数据越多。

对于分析间隔大约为每秒 100 个样本、数据包大小范围从 80 字节（对于小调用堆栈）到最多 120 字节（对于大调用堆栈）的基于时钟的分析实验或硬件计数器溢出分析实验，将以每个线程每秒 10 千字节的速率记录数据。调用堆栈深度为数百个调用的应用程序可以很轻松地以十倍的速率记录数据。

对于 MPI 跟踪实验，数据量为每个跟踪 MPI 调用 100-150 字节，具体取决于发送的消息数和调用堆栈的深度。此外，在使用 collect 命令的 -M 选项时，缺省情况下会启用时钟分析，因此，请为时钟分析实验添加估计的数字。可以通过使用 -p off 选项禁用时钟分析来减少 MPI 跟踪的数据量。

注 - 收集器以自己的格式 (mpview.dat3) 存储 MPI 跟踪数据，还以 VampirTrace OTF 格式 (a.otf,a.*.z) 存储 MPI 跟踪数据。可以删除 OTF 格式的文件而不影响分析器。

在估计实验大小时，还应当考虑归档文件所占用的磁盘空间，它通常是所要求的总磁盘空间的一小部分（请参见上一节）。如果您无法确定所需空间的大小，请尝试运行实验一小会儿。通过该测试，可以得到与数据收集时间无关的归档文件大小，然后对分析文件的大小进行放大以获得全长实验的估计大小。

除了分配磁盘空间之外，收集器还在内存中分配缓冲区，以便在将分析数据写入磁盘之前对其进行存储。目前无法指定这些缓冲区的大小。如果收集器用完了内存，请尝试减少所收集的数据量。

如果存储实验所需的估计空间大于可用空间，请考虑收集部分运行（而不是全部运行）的数据。要收集部分运行的数据，可以使用带有 -y 或 -t 选项的 collect 命令或 dbx collector 子命令，也可以在程序中插入对收集器 API 的调用。还可以对由带有 -L 选项的 collect 命令或 dbx collector 子命令所收集的分析和跟踪数据总量进行限制。

收集数据

性能分析器可以使用以下多种方式收集用户模式目标的性能数据：

- 在命令行上使用 `collect` 命令（请参见第 54 页中的“使用 `collect` 命令收集数据”和 `collect(1)` 手册页）。`collect` 命令行工具的数据收集开销比 `dbx` 的开销小，因此该方法比其他方法要好。
- 使用性能分析器中的“Oracle Solaris Studio 性能收集”对话框（请参见性能分析器联机帮助中的“使用‘收集’对话框收集性能数据”）。
- 在 `dbx` 命令行上使用 `collector`（请参见第 66 页中的“使用 `dbx collector` 子命令收集数据”）。

只有“Oracle Solaris Studio 收集”对话框和 `collect` 命令提供下列数据收集功能：

- 收集 Java 程序中的数据。如果尝试使用 `dbx` 中的 `collector` 命令收集 Java 程序中的数据，收集的是 JVM 软件（而不是 Java 程序）的信息。
- 自动收集后续进程中的数据。

您可以使用 `er_kernel` 实用程序收集 Oracle Solaris 内核的性能数据。有关更多信息，请参见第 9 章，[内核分析](#)。

使用 `collect` 命令收集数据

要从命令行使用 `collect` 命令运行收集器，请键入以下内容。

```
% collect collect-options program program-arguments
```

其中，`collect-options` 是 `collect` 命令选项，`program` 是要收集其数据的程序的名称，`program-arguments` 是该程序的参数。目标程序通常是二进制可执行文件或脚本。

如果执行无参数调用，`collect` 将显示用法摘要，其中包含实验的缺省配置。

要获取选项列表和任何可用于分析的硬件计数器名称列表，请不带其他参数键入 `collect -h` 命令。

```
% collect -h
```

有关对硬件计数器列表的描述，请参见第 25 页中的“硬件计数器溢出分析数据”。另请参见第 49 页中的“硬件计数器溢出分析的限制”。

数据收集选项

这些选项控制所收集数据的类型。有关对数据类型的介绍，请参见第 21 页中的“收集器收集何种数据”。

如果未指定数据收集选项，则缺省值为 `-p on`，这会启用缺省分析间隔大约为 10 毫秒的基于时钟的分析。该缺省值由 `-h` 选项关闭，而不是由任何其他数据收集选项关闭。

如果您明确禁用了基于时钟的分析，而且未启用跟踪或硬件计数器溢出分析，则 `collect` 命令会列显一条警告消息，并且只收集全局数据。

-p option

收集基于时钟的分析数据。*option* 的允许值包括：

- `off`—关闭基于时钟的分析。
- `on`—打开缺省分析间隔大约为 10 毫秒的基于时钟的分析。
- `lo[w]`—打开分析间隔大约为 100 毫秒（低精度）的基于时钟的分析。
- `hi[gh]`—打开分析间隔大约为 1 毫秒（高精度）的基于时钟的分析。有关启用高精度分析的信息，请参见第 48 页中的“[基于时钟的分析的限制](#)”。
- `[+]value`—打开基于时钟的分析并将其分析间隔设置为 *value*。*value* 的缺省单位为毫秒。可以将 *value* 指定为整数或浮点数。可以选择在数值后加后缀 `m` 来选择毫秒单位或者加 `u` 来选择微秒单位。该值应当是时钟精度的倍数。如果该值较大但不是精度的倍数，则会向下舍入。如果较小，则会列显一条警告消息并将其设置为时钟精度。

在 SPARC 平台上，可以像对硬件计数器分析那样在任何值前面添加 `+` 符号来启用基于时钟的数据空间分析。不过，硬件计数器分析提供了更可靠的数据。

`collect` 命令的缺省操作是收集基于时钟的分析数据。

有关 Linux 上多线程应用程序的时钟分析的说明，请参见第 48 页中的“[基于时钟的分析的限制](#)”。

-h counter_definition_1...[, counter_definition_n]

收集硬件计数器溢出分析数据。计数器定义的数量与处理器有关。

只有在支持硬件计数器的计算机上运行的 Oracle Solaris 和 Linux 操作系统才提供此选项。

注 – 对于运行的 Linux 内核版本高于 2.6.32 的各 Linux 版本，硬件计数器分析使用 `PerfEvents` 框架并且无需内核修补程序。

对于使用 `perfctr` 框架的早期 Linux 系统，必须在系统上安装所需的 `perfctr` 修补程序。通过在 Web 上搜索 “`perfctr patch`” 可以找到此修补程序。安装说明包含在修补程序下载位置的 tar 文件中。收集器使用 `LD_LIBRARY_PATH` 环境变量的值搜索用户级 `libperfctr.so` 库，即：对于 32 位版本，在 `/usr/local/lib`、`/usr/lib` 和 `/lib` 中进行搜索；对于 64 位版本，在 `/usr/local/lib64`、`/usr/lib64` 和 `/lib64` 中进行搜索。

要获取可用计数器的列表，请在终端窗口中键入不带其他参数的 `collect -h`。第 26 页中的“硬件计数器列表”一节提供了对计数器列表的介绍。在大多数系统上，即使未列出计数器，仍可以使用数值（十六进制或十进制）对其进行指定。

计数器定义可以采用下列形式之一，具体取决于处理器是否支持硬件计数器的属性。

```
[+]counter_name[/ register_number][, interval]
```

```
[+]counter_name[~ attribute_1=value_1]...[~ attribute_n=value_n][/ register_number][, interval]
```

特定于处理器的 `counter_name` 可以为下列名称之一：

- 有别名的计数器名称
- 原始名称
- 十进制或十六进制的数值

如果指定了多个计数器，则它们必须使用不同的寄存器。如果它们未使用不同的寄存器，则 `collect` 命令会列显一条错误消息并退出。

如果硬件计数器对与内存访问有关的事件进行计数，可以在计数器名称前添加 + 符号，以针对引起计数器溢出的指令打开对其真实程序计数器地址 (counter address, PC) 的搜索。这种回溯功能适用于 SPARC 处理器，并且仅适用于类型为 `load`、`store` 或 `load-store` 的计数器。如果搜索成功，则所引用的虚拟 PC、物理 PC 和有效地址将存储在事件数据包中。

在某些处理器上，可以将多个属性选项与一个硬件计数器关联。如果某个处理器支持多个属性选项，则运行不带其他参数的 `collect -h` 命令会列出计数器定义（包括属性名）。可以使用十进制或十六进制格式来指定属性值。

间隔（溢出值）是事件计数或循环计数的数量，在达到该数量时，硬件计数器将溢出并且将记录溢出事件。间隔可以设置为下列值之一：

- `on` 或空字符串—缺省溢出值，可以通过键入不带其他参数的 `collect -h` 来确定。请注意，所有原始计数器的缺省值都是相同的，并且可能不是最合适特定计数器的值。
- `hi[gh]`—所选计数器的高精度值，大约比缺省溢出值短十倍。之所以还支持缩写 `h`，是为了与以前的软件发行版兼容。
- `lo[w]`—所选计数器的低精度值，大约比缺省溢出值长十倍。
- `interval`—特定的溢出值，必须是正整数，可以采用十进制格式，也可以采用十六进制格式。

缺省值是为每个计数器预定义的正常阈值，它出现在计数器列表中。另请参见第 49 页中的“硬件计数器溢出分析的限制”。

如果在使用 `-h` 选项时未明确指定 `-p` 选项，则基于时钟的分析功能将处于关闭状态。要同时收集硬件计数器数据和基于时钟的数据，必须同时指定 `-h` 选项和 `-p` 选项。

-s option

收集同步等待跟踪数据。*option* 的允许值包括：

- `all`—启用具有零阈值的同步等待跟踪。该选项强制记录所有同步事件。
- `calibrate`—启用同步等待跟踪并在运行时通过校准来设置阈值。（与 `on` 等效。
- `off`—禁用同步等待跟踪。
- `on`—启用具有缺省阈值的同步等待跟踪，这将在运行时通过校准来设置缺省阈值。（与 `calibrate` 等效。
- `value`—将阈值设置为 *value*，该值以正整数形式提供，单位为微秒。

对于 Java 程序，不能记录同步等待跟踪数据；如果指定它，将视为错误。

在 Oracle Solaris 上，跟踪以下函数：

```
mutex_lock()
rw_rdlock()
rw_wrlock()
cond_wait()
cond_timedwait()
cond_reltimedwait()
thr_join()
sema_wait()
pthread_mutex_lock()
pthread_rwlock_rdlock()
pthread_rwlock_wrlock()
pthread_cond_wait()
pthread_cond_timedwait()
pthread_cond_reltimedwait_np()
pthread_join()
sem_wait()
```

在 Linux 上，跟踪以下函数：

```
pthread_mutex_lock()
pthread_cond_wait()
pthread_cond_timedwait()
pthread_join()
sem_wait()
```

-H option

收集堆跟踪数据。*option* 的允许值包括：

- `on`—打开对堆分配和堆解除分配请求的跟踪。
- `off`—关闭堆跟踪。

缺省情况下，堆跟踪功能处于关闭状态。对于 Java 程序，不支持堆跟踪；如果指定堆跟踪，将被视为错误。

-M option

指定对 MPI 实验的收集。`collect` 命令的目标必须为 `mpirun` 命令，必须使用 `--` 选项将 `mpirun` 的选项与要使用 `mpirun` 命令运行的目标程序分开。（始终将 `--` 选项和 `mpirun` 命令一起使用，以便可以通过将 `collect` 命令及其选项前置置于 `mpirun` 命令行来收集实验。）实验按惯常方式命名且称为创始实验，其目录包含每个 MPI 进程的子实验，按等级进行命名。

option 的允许值包括：

- `MPI-version`—打开 MPI 实验的收集功能，假定指定的 MPI 版本必须为 OMPT、CT、OPENMPI、MPICH2 或 MVAICH2。Oracle Message Passing Toolkit 可以使用 OMPT 或 CT 进行指定。
- `off`—关闭对 MPI 实验的收集。

缺省情况下，MPI 实验的收集功能是关闭的。打开 MPI 实验的收集功能时，`-m` 选项的缺省设置更改为 `on`。

键入不带其他选项的 `collect -h` 命令时，或者如果使用 `-M` 选项指定无法识别的版本，将会列显受支持的 MPI 版本。

-m option

收集 MPI 跟踪数据。*option* 的允许值包括：

- `on`—打开 MPI 跟踪信息。
- `off`—关闭 MPI 跟踪信息。

缺省情况下关闭 MPI 跟踪，除非启用了 `-M` 选项，在这种情况下会缺省打开 MPI 跟踪。通常使用 `-M` 选项收集 MPI 实验，无需用户对 MPI 跟踪进行控制。如果要收集 MPI 实验，但不收集 MPI 跟踪数据，请使用显式选项 `-M MPI-version -m off`。

有关其调用被跟踪的 MPI 函数以及根据跟踪数据计算的度量的更多信息，请参见第 29 页中的“MPI 跟踪数据”。

-S option

定期记录样本包。option 的允许值包括：

- off—关闭定期抽样功能。
- on—打开缺省抽样间隔为 1 秒的定期抽样功能。
- value—打开定期抽样功能并将抽样间隔设置为 value。间隔值必须为正数并且以秒为单位。

缺省情况下，启用间隔为 1 秒的定期抽样功能。

-c option

记录计数数据，仅针对 Oracle Solaris 系统。

option 的允许值包括：

- on—打开对函数和指令计数数据的收集。为可执行文件以及检测过的和可执行文件静态链接的任何共享对象记录计数数据和模拟计数数据。动态打开的任何共享对象将不包含在模拟计数数据中。

除了函数、行等的计数度量之外，还可以在性能分析器的“指令-频率”标签中或者利用 `er_print ifreq` 命令查看各类指令的使用摘要。

- off—关闭对计数数据的收集。
- static—目标可执行文件中的每个指令以及所有静态链接的共享对象都刚好执行一次的情况下，将生成一个实验。

缺省情况下，关闭对计数数据的收集。计数数据不能和任何其他类型的数据一起收集。

-l directory

为 bit 检测指定目录。该选项仅在 Oracle Solaris 系统上可用，且仅当指定了 -c 选项时才有意义。

-N library_name

指定要从 bit 检测中排除的库，不管该库是链接到可执行文件还是使用 `dlopen()` 装入。该选项仅在 Oracle Solaris 系统上可用，且仅当指定了 -c 选项时才有意义。可以指定多个 -N 选项。

-r option

为线程分析器收集数据争用检测或死锁检测数据。允许的值包括：

- race—收集数据以进行数据争用检测
- deadlock—收集死锁和潜在死锁数据

- all—收集数据以进行数据争用检测和死锁检测
- off—关闭线程分析器数据

有关 `collect -r` 命令和线程分析器的更多信息，请参见《Oracle Solaris Studio 12.3：线程分析器用户指南》和 `tha(1)` 手册页。

实验控制选项

这些选项控制如何收集实验数据。

-F option

控制是否应当记录子孙进程的数据。*option* 的允许值包括：

- on—仅针对由函数 `fork`（及其变体）和 `exec`（及其变体）创建的子孙进程记录实验。
- all—针对所有子孙进程记录实验。
- off—不针对子孙进程记录实验。
- *=regexp*—针对其名称或沿袭与指定的正则表达式匹配的所有子孙进程记录实验。

缺省情况下设置 `-F on` 选项，这样收集器将跟踪通过调用函数 `fork(2)`、`fork1(2)`、`fork(3F)`、`vfork(2)` 和 `exec(2)` 及其变体而创建的进程。对 `vfork` 的调用已在内部被替换为对 `fork1` 的调用。

对于 MPI 实验，缺省情况下还跟踪子孙进程。

如果指定 `-F all` 选项，收集器将跟踪所有子孙进程，其中包括那些通过调用 `system(3C)`、`system(3F)`、`sh(3F)`、`posix_spawn(3p)`、`posix_spawnp(3p)` 和 `popen(3C)` 以及类似函数而创建的子孙进程以及与其相关的子孙进程。

如果指定 `-F '= regexp '` 选项，收集器将跟踪所有子孙进程。当子孙进程的名称或子实验的名称与指定的正则表达式匹配时，收集器将创建子实验。有关正则表达式的信息，请参见 `regexp(5)` 手册页。

当您在后续进程上收集数据时，收集器会针对初始实验中的每个后续进程打开一个新实验。这些新实验是通过向实验后缀添加一个下划线、一个字母和一个数字来命名的，如下所示：

- 字母可以是 "f"（表示派生）、"x"（表示执行）或 "c"（表示任何其他后续进程）。
- 数字是派生或执行（无论是否成功）或其他调用的索引。

例如，如果初始进程的实验名称是 `test.1.er`，则由它的第三个派生创建的子进程的实验是 `test.1.er/_f3.er`。如果该子进程针对新映像执行 `exec` 操作，则相应的实验名称为 `test.1.er/_f3_x1.er`。如果该子进程使用 `popen` 调用创建另一个进程，则实验名称为 `test.1.er/_f3_x1_c1.er`。

对于 MPI 实验，使用与其他实验相同的规则命名初始实验，但子实验名称的格式为 `M_r m.er`，其中 *m* 是 MPI 等级。

读取初始实验时，分析器和 `er_print` 实用程序将自动读取子孙进程的实验，并在数据显示中显示子孙进程。

要从命令行选择用于显示的特定子实验的数据，请将子实验路径名显式指定为 `er_print` 或 `analyzer` 命令的参数。所指定的路径必须包含初始实验的名称以及初始目录中后续实验的名称。

例如，要查看 `test.1.er` 实验的第三个派生的数据，需要指定以下内容：

```
er_print test.1.er/_f3.er
```

```
analyzer test.1.er/_f3.er
```

或者，可以使用感兴趣的后续实验的显式名称来准备实验组文件。有关更多信息，请参见第 51 页中的“实验组”。

要在分析器中检查特定子孙进程，请装入初始实验并从“视图”菜单中选择“管理器过滤器”。“管理器过滤器”对话框将显示一个实验列表，其中选中了初始实验和后代实验。取消选中除了感兴趣的后续实验之外的所有实验。

注 – 如果正在跟踪子孙进程时初始进程退出，将继续从仍然在运行的子孙进程中收集数据。初始实验目录会相应地继续变大。

您还可以收集脚本上的数据并跟踪脚本的子孙进程。有关更多信息，请参见第 75 页中的“从脚本收集数据”。

-j option

当目标程序是 JVM 时，启用 Java 分析。*option* 的允许值包括：

- `on`—记录 JVM 的分析数据并组织 Java HotSpot 虚拟机编译的方法以及记录 Java 调用堆栈。
- `off`—不记录 Java 分析数据。
- `path`—记录 JVM 的分析数据并使用安装在指定 *path* 中的 JVM。

如果目标是 JVM 计算机，必须使用 `-j on` 才能获取分析数据。

如果要收集 `.class` 文件或 `.jar` 文件中的数据，则不需要 `-j on` 选项，但前提是 `java` 可执行文件的路径在 `JDK_HOME` 环境变量或 `JAVA_PATH` 环境变量中。随后可以在 `collect` 命令行上将目标 *program* 指定为具有或不具有扩展名的 `.class` 文件或 `.jar` 文件。

如果无法在 `JDK_HOME` 或 `JAVA_PATH` 环境变量中定义 `java` 可执行文件的路径，或者要禁用对 Java HotSpot 虚拟机所编译的方法的识别，则可以使用 `-j` 选项。如果使用此选项，在 `collect` 命令行上指定的 *program* 必须为版本不低于 JDK 6 Update 18 的 Java 虚拟机。`collect` 命令将验证为 Java 分析指定的 JVM 的版本。

-J java_argument

指定要传递到用于分析的 JVM 的其他参数。如果您指定了 -J 选项但未指定 Java 分析，则会生成一个错误并且不运行实验。如果 *java_argument* 包含多个参数，则必须使用括号将其括起来。它必须包括一组由空格或制表符分隔的令牌。每个令牌作为单独的参数传递给 JVM。JVM 的大多数参数必须以 "-" 字符开头。

-l signal

当名为 *signal* 的信号传递到进程时，记录样本包。

可以通过全信号名、不带开始的几个字母 SIG 的信号名或信号编号来指定信号。请不要使用程序所使用的信号或会终止执行的信号。建议的信号为 SIGUSR1 和 SIGUSR2。即使指定时钟分析，也可以使用 SIGPROF。可通过 kill 命令将信号传递到进程。

如果同时使用 -l 和 -y 选项，则必须针对每个选项使用不同的信号。

如果您使用该选项而程序具有其自己的信号处理程序，则应当确保使用 -l 指定的信号会传递到收集器的信号处理程序，而不是被截获或忽略。

有关信号的更多信息，请参见 signal(3HEAD) 手册页。

-t duration

指定数据收集的时间范围。

可以将 *duration* 指定为单个数字（可以选择添加 m 或 s 后缀）以指示实验在该时间（单位为分钟或秒）终止。缺省情况下，持续时间以秒为单位。也可以将 *duration* 指定为用连字符分隔的两个这样的数字，这会导致数据收集暂停，直到经过第一个时间之后才开始收集数据。当到达第二个时间时，数据收集终止。如果第二个数字为零，则在初次暂停之后收集数据，直到该程序运行结束。即使该实验已经终止，也允许目标进程运行至结束。

-x

在从 exec 系统调用退出时使目标进程停止，以便允许调试器附加到目标进程。如果将 dbx 附加到目标进程，请使用 dbx 命令 ignore PROF 和 ignore EMT 来确保收集信号传递到 collect 命令。

-y signal [,r]

控制对包含名为 *signal* 的信号的数据的记录。无论何时将信号传递到进程，它都在暂停状态（在此期间不记录任何数据）和记录状态（在此期间记录数据）之间切换。无论切换状态如何，都将始终记录样本点。

可以通过全信号名、不带开始的几个字母 SIG 的信号名或信号编号来指定信号。请不要使用程序所使用的信号或会终止执行的信号。建议的信号为 SIGUSR1 和 SIGUSR2。即使指定时钟分析，也可以使用 SIGPROF。可通过 kill 命令将信号传递到进程。

如果同时使用 `-l` 和 `-y` 选项，则必须针对每个选项使用不同的信号。

使用 `-y` 选项时，如果已提供可选的 `r` 参数，则收集器将在记录状态下启动，否则将在暂停状态下启动。如果未使用 `-y` 选项，则收集器将在记录状态下启动。

如果您使用该选项而程序具有其自己的信号处理程序，则应当确保使用 `-y` 指定的信号会传递到收集器的信号处理程序，而不是被截获或忽略。

有关信号的更多信息，请参见 `signal(3HEAD)` 手册页。

输出选项

这些选项控制收集器生成实验的各个方面。

-o experiment_name

使用 `experiment_name` 作为要记录的实验的名称。`experiment_name` 字符串必须以字符串 `".er"` 结尾；否则 `collect` 实用程序会列显一条错误消息并退出。

如果不指定 `-o` 选项，则为实验提供一个格式为 `stem.n.er` 的名称，其中 `stem` 是字符串，`n` 是数字。如果使用 `-g` 选项指定了组名称，则将 `stem` 设置为不带 `.erg` 后缀的组名称。如果未指定组名称，则将 `stem` 设置为字符串 `test`。

如果您要从用于运行 MPI 作业的命令之一（例如 `mpirun`，但不带 `-M MPI-version` 选项和 `-o` 选项）调用 `collect` 命令，则采用用于定义该进程的 MPI 等级的环境变量的名称中使用的值 `n`。否则，将 `n` 设置为比当前使用的最大整数还要大的值。

如果没有使用 `stem.n.er` 格式指定名称，而正在使用给定名称，将显示一条错误消息且实验不会运行。如果名称采用 `stem.n.er` 格式且正在使用提供的名称，将在与比当前使用的最大值 `n` 还要大的值对应的名称下记录实验。如果名称已更改，则会显示一条警告。

-d directory-name

将实验置于 `directory-name` 目录中。此选项仅适用于个别实验，而不适用于实验组。如果该目录不存在，则 `collect` 实用程序会列显一则错误消息并退出。如果使用 `-g` 选项指定了某个组，则该组文件也将写入 `directory-name` 中。

对于最轻量的数据收集，最好使用 `-d` 选项指定存放数据的目录，以便将数据记录到本地文件。但是，对于群集上的 MPI 实验，创始实验必须在相同的路径下可用，以便所有进程将所有数据记录到创始实验中。

写入长延迟文件系统的实验问题尤为突出，可能进行非常缓慢，特别是在收集样本数据时（缺省采用 `-S on` 选项）。如果必须通过长延迟连接来进行记录，请禁用样本数据。

-g group-name

使实验成为实验组 *group-name* 的一部分。如果 *group-name* 不以 *.erg* 结尾，则 `collect` 实用程序会列显一条错误消息并退出。如果该组存在，则会将实验添加到该组中。如果 *group-name* 不是绝对路径并且使用 `-d` 指定了一个目录，则实验组将被置于 *directory-name* 目录中，否则，将被置于当前目录中。

-A option

控制是否应将目标进程所使用的装入对象归档或复制到已记录的实验中。`option` 的允许值包括：

- `off`—不将装入对象归档到实验中。
- `on`—将装入对象归档到实验中。
- `copy`—将装入对象（目标以及它使用的任何共享对象）复制并归档到实验中。

如果您希望将实验从记录的位置复制到另一台计算机，或者从另一台计算机读取实验，请指定 `-A copy`。使用该选项不会将任何源文件或目标 (*.o*) 文件复制到实验中。确保可从在其上检查实验的计算机访问这些文件且这些文件未发生更改。

-L size

将所记录的分析数据量限制在 *size* 兆字节。该限制适用于基于时钟的分析数据量、硬件计数器溢出分析数据量和同步等待跟踪数据量之和，但不适用于样本点。该限制只是近似值，可以被超出。

当达到该限制时，不再记录分析数据，但实验会一直保持打开状态，直到目标进程终止。如果启用了定期抽样，则会继续写入样本点。

例如，要将限制确定为约 2 GB，请指定 `-L 2000`。指定的大小必须大于零。

缺省情况下，记录的数据量不存在限制。

-O file

将 `collect` 本身的所有输出附加到名称 *file*，但是不重定向所产生的目标的输出。如果该文件设置为 `/dev/null`，则禁止 `collect` 的所有输出（包括任何错误消息）。

其他选项

这些 `collect` 命令选项用于其他目的。

-P process_id

编写 `dbx` 脚本以附加到具有给定 *process_id* 的进程，从中收集数据，然后在脚本中调用 `dbx`。可以仅指定分析数据而不指定跟踪数据，且不支持定时运行 (`-t` 选项)。

-C comment

将注释放在实验的 notes 文件中。最多可以提供十个 -C 选项。该 notes 文件的内容会置于实验标题的前面。

-n

不运行目标，但列显在运行目标时要生成的实验的详细信息。此选项是模拟运行选项。

-R

在终端窗口中显示性能分析器自述文件的文本版本。如果未找到自述文件，则列显一条警告。不再检查任何参数，也不执行进一步的处理。

-V

列显 collect 命令的当前版本。不再检查任何参数，也不执行进一步的处理。

-v

列显 collect 命令的当前版本和正在运行的实验的详细信息。

使用 collect 实用程序从正在运行的进程中收集数据

仅在 Oracle Solaris 平台中，可以将 `-p pid` 选项与 collect 实用程序一起使用来附加到具有指定 PID 的进程并从该进程收集数据。collect 命令的其他选项被转换为 dbx 脚本，系统会调用该脚本来收集数据。只能收集基于时钟的分析数据（`-p` 选项）和硬件计数器溢出分析数据（`-h` 选项）。不支持跟踪数据。

如果在使用 `-h` 选项时未明确指定 `-p` 选项，则基于时钟的分析功能将处于关闭状态。要同时收集硬件计数器数据和基于时钟的数据，必须同时指定 `-h` 选项和 `-p` 选项。

▼ 使用 collect 实用程序从正在运行的进程中收集数据

1 确定程序的进程 ID (process ID, PID)。

如果从命令行启动了程序并将其置于后台，shell 将在标准输出中列显其 PID。否则，可以通过键入以下内容来确定程序的 PID。

```
% ps -ef | grep program-name
```

2 使用 collect 命令对该进程启用数据收集，并设置任何可选参数。

```
% collect -P pid collect-options
```

第 54 页中的“数据收集选项”中对收集器选项进行了说明。有关基于时钟的分析的信息，请参见第 55 页中的“`-p option`”。有关硬件时钟分析的信息，请参见 `-h option`。

使用 dbx collector 子命令收集数据

本节介绍如何从 dbx 运行收集器，然后介绍可以与 dbx 中的 collector 命令一起使用的每个子命令。

▼ 从 dbx 运行收集器：

- 1 通过键入以下命令将程序装入 dbx 中。

```
% dbx program
```

- 2 使用 collector 命令启用数据收集，选择数据类型并设置任何可选参数。

```
(dbx) collector subcommand
```

要获取可用 collector 子命令的列表，请键入：

```
(dbx) help collector
```

必须针对每个子命令都使用一个 collector 命令。

- 3 设置要使用的任何 dbx 选项并运行该程序。

如果提供的子命令不正确，则会列显一条警告消息并忽略该子命令。下面是 collector 子命令的完整列表。

数据收集子命令

以下子命令可与 dbx 中的 collector 命令一起使用，对收集器收集的数据的类型进行控制。如果实验处于活动状态，则这些子命令将被忽略并显示一条警告。

profile option

控制对基于时钟的分析数据的收集。*option* 的允许值包括：

- on—启用缺省分析间隔为 10 毫秒的基于时钟的分析。
- off—禁用基于时钟的分析。
- timer *interval*—设置分析间隔。*interval* 的允许值包括：
 - on—使用大约为 10 毫秒的缺省分析间隔。
 - lo[w]—使用大约为 100 毫秒的低精度分析间隔。
 - hi[gh]—使用大约为 1 毫秒的高精度分析间隔。有关启用高精度分析的信息，请参见第 48 页中的“基于时钟的分析的限制”。

- *value*—将分析间隔设置为 *value*。*value* 的缺省单位为毫秒。可以将 *value* 指定为整数或浮点数。可以选择在数值后加后缀 *m* 来选择毫秒单位或者加 *u* 来选择微秒单位。该值应当是时钟精度的倍数。如果该值大于时钟精度但不是其倍数，则向下舍入。如果该值小于时钟精度，则将其设置为时钟精度。在以上两种情况下均列显警告消息。

缺省设置大约为 10 毫秒。

缺省情况下收集器收集基于时钟的分析数据，除非使用 `hwprofile` 子命令打开对硬件计数器溢出分析数据的收集。

hwprofile option

控制对硬件计数器溢出分析数据的收集。如果您尝试在不支持硬件计数器溢出分析的系统中启用它，则 `dbx` 会返回一条警告消息，而且该命令将被忽略。*option* 的允许值包括：

- `on`—打开硬件计数器溢出分析。缺省操作是收集具有正常溢出值的 `cycles` 计数器的数据。
- `off`—关闭硬件计数器溢出分析。
- `list`—返回可用计数器的列表。有关对该列表的描述，请参见第 26 页中的“硬件计数器列表”。如果系统不支持硬件计数器溢出分析，则 `dbx` 会返回一条警告消息。
- `counter counter_definition... [, counter_definition]`—计数器定义采用以下格式。

```
[+]counter_name [~ attribute_1=value_1]...[~ attribute_n=value_n] [/ register_number]
[, interval]
```

选择硬件计数器 *name*，并将其溢出值设置为 *interval*；也可以选择其他硬件计数器名称并将其溢出值设置为指定的间隔。溢出值可以为下列值之一：

- `on` 或空字符串—缺省溢出值，可以通过键入不带其他参数的 `collect -h` 来确定。
- `hi[gh]`—所选计数器的高精度值，大约比缺省溢出值短十倍。之所以还支持缩写 `h`，是为了与以前的软件发行版兼容。
- `lo[w]`—所选计数器的低精度值，大约比缺省溢出值长十倍。
- *interval*—特定的溢出值，必须是正整数，可以采用十进制格式，也可以采用十六进制格式。

如果指定了多个计数器，则它们必须使用不同的寄存器。否则，将列显一条警告消息，而且该命令将被忽略。

如果硬件计数器对其计数的事件与内存访问有关，则可以在计数器名称前放置 `+` 符号，以便对导致计数器溢出的指令的真实 PC 进行搜索。如果搜索成功，则 PC 和所引用的有效地址将被存储在事件数据包中。

缺省情况下，收集器不收集硬件计数器溢出分析数据。如果硬件计数器溢出分析处于启用状态，而且尚未提供 `profile` 命令，则基于时钟的分析将处于关闭状态。

另请参见第 49 页中的“硬件计数器溢出分析的限制”。

synctrace option

控制对同步等待跟踪数据的收集。*option* 的允许值包括：

- on—启用具有缺省阈值的同步等待跟踪。
- off—禁用同步等待跟踪。
- threshold *value*—为最小同步延迟设置阈值。*value* 的允许值包括：
 - all—使用零阈值。该选项强制记录所有同步事件。
 - calibrate—在运行时通过校准来设置阈值。（与 on 等效。
 - off—关闭同步等待跟踪。
 - on—使用缺省阈值，这将在运行时通过校准来设置阈值。（与 calibrate 等效。
 - *number*—将阈值设置为 *number*，该值以正整数形式提供，单位为微妙。如果 *value* 为 0，则跟踪所有事件。

缺省情况下，收集器不收集同步等待跟踪数据。

heaptrace option

控制对堆跟踪数据的收集。*option* 的允许值包括：

- on—启用堆跟踪。
- off—禁用堆跟踪。

缺省情况下，收集器不收集堆跟踪数据。

tha option

为线程分析器收集数据争用检测或死锁检测数据。允许的值包括：

- off—关闭线程分析器数据收集
- all—收集所有线程分析器数据
- race—收集数据争用检测数据
- deadlock—收集死锁和潜在死锁数据

有关线程分析器的更多信息，请参见《[Oracle Solaris Studio 12.3：线程分析器用户指南](#)》和 tha.1 手册页。

sample option

控制抽样模式。*option* 的允许值包括：

- periodic—启用定期抽样。
- manual—禁用定期抽样。手动抽样仍保持启用状态。
- period *value*—将抽样间隔设置为 *value*，以秒为单位。

缺省情况下，启用抽样间隔 *value* 为 1 秒的定期抽样。

dbxsample { on | off }

控制当 dbx 停止目标进程时对样本的记录。关键字的含义如下所示：

- on— 在 dbx 每次停止目标进程时记录样本。
- off— 在 dbx 停止目标进程时不记录样本。

缺省情况下，在 dbx 停止目标进程时记录样本。

实验控制子命令

以下子命令可与 dbx 中的 collector 命令一起使用，对收集器收集的实验数据进行控制。如果实验处于活动状态，将忽略这些子命令并显示一条警告。

disable

禁用数据收集功能。如果进程正在运行而且正在收集数据，该子命令将终止实验并禁用数据收集功能。如果进程正在运行而且数据收集功能处于禁用状态，则该子命令将被忽略并显示一条警告。如果没有任何进程在运行，则该子命令将针对后续运行禁用数据收集功能。

enable

启用数据收集功能。如果进程正在运行，但数据收集功能处于禁用状态，则该子命令将启用数据收集功能并启动新的实验。如果进程正在运行，而且数据收集功能处于启用状态，则该子命令将被忽略并显示一条警告。如果没有任何进程在运行，则该子命令将针对后续运行启用数据收集功能。

您可以在任何进程执行期间根据需要启用和禁用数据收集功能任意次数。每次启用数据收集功能时，都会创建一个新实验。

pause

暂停数据收集，但使实验保持打开状态。收集器暂停时不记录样本点。在暂停之前会生成一个样本，在恢复之后会立即生成另一个样本。如果已暂停数据收集功能，则该子命令将被忽略。

resume

在发出 pause 之后恢复数据收集。如果正在收集数据，则该子命令将被忽略。

sample record name

记录具有标签 *name* 的样本包。该标签显示在性能分析器的“时间线详细信息”标签中。

输出子命令

以下子命令可与 dbx 中的 collector 命令一起使用，对实验的存储选项进行定义。如果实验处于活动状态，将忽略这些子命令并显示一条警告。

archive mode

设置归档实验的模式。mode 的允许值包括：

- on—对装入对象进行正常归档
- off—不对装入对象进行归档
- copy—除正常归档之外，还将装入对象复制到实验中

如果打算将实验移到另一台计算机上，或者从另一台计算机上读取实验，则应当启用对装入对象的复制。如果实验处于活动状态，则该命令将被忽略并显示一条警告。该命令不会将源文件或目标文件复制到实验中。

limit value

将所记录的分析数据量限制在 value 兆字节。该限制适用于基于时钟的分析数据量、硬件计数器溢出分析数据量和同步等待跟踪数据量之和，但不适用于样本点。该限制只是近似值，可以被超出。

当达到该限制时，不再记录分析数据，但实验会一直保持打开状态，而且会继续记录样本点。

缺省情况下，记录的数据量是不受限制的。

store option

控制实验的存储位置。如果实验处于活动状态，则该命令将被忽略并显示一条警告。option 的允许值包括：

- directory *directory-name*—设置用来存储实验和实验组的目录。如果该目录不存在，则该子命令将被忽略并显示一条警告。
- experiment *experiment-name*—设置实验的名称。如果实验名称不以 .er 结尾，则该子命令将被忽略并显示一条警告。有关实验名称以及收集器如何对其进行处理的更多信息，请参见第 51 页中的“数据的存储位置”。
- group *group-name*—设置实验组的名称。如果实验组名称不以 .erg 结尾，则该子命令将被忽略并显示一条警告。如果该组已经存在，则将实验添加到该组中。如果目录名是用 store directory 子命令设置的，而且组名不是绝对路径，则组名以目录名为前缀。

信息子命令

以下子命令可与 dbx 中的 collector 命令一起使用，从而获取关于收集器设置和实验状态的报告。

show

显示每个收集器控件的当前设置。

status

报告任何打开的实验的状态。

在 Oracle Solaris 平台上使用 dbx 从正在运行的进程中收集数据

在 Oracle Solaris 平台上，使用收集器可以从正在运行的进程中收集数据。如果进程已受 dbx 的控制，则可以暂停该进程并使用前几节中所描述的方法来启用数据收集。Linux 平台不支持在正在运行的进程上启动数据收集。

如果进程不受 dbx 的控制，则可以使用 `collect -Ppid` 命令从正在运行的进程中收集数据，如第 65 页中的“使用 `collect` 实用程序从正在运行的进程中收集数据”中所述。您还可以向其附加 dbx，收集性能数据，然后从该进程分离并使进程继续运行。如果要为选定的后续进程收集性能数据，则必须将 dbx 附加到每个进程。

▼ 从不受 dbx 控制的正在运行的进程中收集数据

1 确定程序的进程 ID (process ID, PID)。

如果从命令行启动了程序并将其置于后台，shell 将在标准输出中列显其 PID。否则，可以通过键入以下内容来确定程序的 PID。

```
% ps -ef | grep program-name
```

2 附加到该进程。

从 dbx 键入以下内容。

```
(dbx) attach program-name pid
```

如果 dbx 尚未运行，请键入以下内容。

```
% dbx program-name pid
```

附加到正在运行的进程会使该进程暂停。

有关附加到进程的更多信息，请参见手册《Oracle Solaris Studio 12.3：使用 dbx 调试程序》。

3 启动数据收集功能。

在 dbx 中，使用 `collector` 命令来设置数据收集参数，使用 `cont` 命令来恢复执行进程。

4 从进程中分离。

在完成对数据的收集之后，暂停该程序并从 dbx 中分离该进程。

从 dbx 键入以下内容。

```
(dbx) detach
```

从正在运行的程序中收集跟踪数据

如果要收集任何种类的跟踪数据，则必须在运行程序之前预装入收集器库 `libcollector.so`。要收集堆跟踪数据或同步等待跟踪数据，还必须分别预装入 `er_heap.so` 和 `er_sync.so`。这些库提供了能使数据收集发生的实际函数的包装。此外，收集器还将包装函数添加到其他系统库调用中，以保证性能数据的完整性。如果未预装入库，则不能插入这些包装函数。有关收集器如何插入系统库函数的更多信息，请参见第 42 页中的“使用系统库”。

要预装入 `libcollector.so`，必须使用环境变量同时设置库的名称和库的路径，如下表中所示。使用环境变量 `LD_PRELOAD` 设置库的名称。使用环境变量 `LD_LIBRARY_PATH`、`LD_LIBRARY_PATH_32` 或 `LD_LIBRARY_PATH_64` 设置库的路径。如果未定义 `_32` 和 `_64` 变量，则使用 `LD_LIBRARY_PATH`。如果已经定义了这些环境变量，则向其中添加新值。

表 3-2 用来预装入 `libcollector.so`、`er_sync.so` 和 `er_heap.so` 的环境变量设置

环境变量	值
<code>LD_PRELOAD</code>	<code>libcollector.so</code>
<code>LD_PRELOAD</code>	<code>er_heap.so</code>
<code>LD_PRELOAD</code>	<code>er_sync.so</code>
<code>LD_LIBRARY_PATH</code>	<code>/opt/solarisstudio12.3/lib/analyzer/runtime</code>
<code>LD_LIBRARY_PATH_32</code>	<code>/opt/solarisstudio12.3/lib/analyzer/runtime</code>
<code>LD_LIBRARY_PATH_64</code>	<code>/opt/solarisstudio12.3/lib/analyzer/v9/runtime</code>
<code>LD_LIBRARY_PATH_64</code>	<code>/opt/solarisstudio12.3/lib/analyzer/amd64/runtime</code>

如果 Oracle Solaris Studio 软件未安装在 `/opt/solarisstudio12.3` 中，请向系统管理员咨询正确的路径。可以在 `LD_PRELOAD` 中设置全路径，但是，当使用 SPARC V9 64 位体系结构时，这样做会使问题复杂化。

注 - 运行后删除 `LD_PRELOAD` 和 `LD_LIBRARY_PATH` 设置，以便它们对于从同一个 shell 启动的其他程序无效。

从 MPI 程序收集数据

该收集器可以从使用消息传递接口 (Message Passing Interface, MPI) 的多进程程序收集性能数据。

该收集器支持 Oracle Message Passing Toolkit 8 (以前称为 Sun HPC ClusterTools 8) 及其更新。该收集器可以识别其他版本的 MPI; 当您运行不带其他参数的 `collect -h` 时, 将显示有效的 MPI 版本列表。

在 <http://www.oracle.com/us/products/tools/message-passing-toolkit-070499.html> 上可以找到 Oracle Message Passing Toolkit MPI 软件, 它用于安装 Oracle Solaris 10 和 Linux 系统。

Oracle Message Passing Toolkit 已集成在 Oracle Solaris 11 发行版中。如果系统中安装了此工具包, 您可以在 `/usr/openmpi` 中找到它。如果您的 Oracle Solaris 11 系统中尚未安装此工具包, 当为系统配置了软件包系统信息库时, 可以使用命令 `pkg search openmpi` 搜索该软件包。有关在 Oracle Solaris 11 中安装软件的更多信息, 请参见《Adding and Updating Oracle Solaris 11 Software Packages》(添加并更新 Oracle Solaris 11 软件包)。

有关 MPI 和 MPI 标准的信息, 请参见 MPI Web 站点 <http://www.mcs.anl.gov/mpi/>。有关 Open MPI 的更多信息, 请参见 Web 站点 <http://www.open-mpi.org/>。

要从 MPI 作业收集数据, 必须使用 `collect` 命令; `dbx collector` 子命令不能用于启动 MPI 数据收集。第 73 页中的“对 MPI 运行 `collect` 命令”中提供了详细信息。

对 MPI 运行 `collect` 命令

`collect` 命令可用于跟踪和分析 MPI 应用程序。

要收集数据, 请使用以下语法:

```
collect [collect-arguments] mpirun [mpirun-arguments] -- program-name [program-arguments]
```

例如, 以下命令对 16 个 MPI 进程的每个进程运行 MPI 跟踪和分析, 在单个 MPI 实验中存储数据:

```
collect -M OMPT mpirun -np 16 -- a.out 3 5
```

`-M OMPT` 选项指明将进行 MPI 分析, Oracle Message Passing Toolkit 为 MPI 版本。

初始收集进程重设 `mpirun` 命令的格式来指定对各个 MPI 进程运行 `collect` 命令 (带有适当的参数)。

紧接在 *program_name* 前面的 `--` 参数是 MPI 分析所必需的。如果不包括 `--` 参数, `collect` 命令将显示一条错误消息且不会收集实验。

注 – 不再支持使用 `mpirun` 命令在 MPI 进程上产生显式 `collect` 命令的技术来收集 MPI 跟踪数据。您仍可以使用这种技术来收集其他类型的数据。

存储 MPI 实验

由于多进程环境比较复杂，因此从 MPI 程序收集性能数据时应当注意一些有关存储 MPI 实验的问题。这些问题涉及到数据收集和存储的效率以及实验的命名。有关命名实验（包括 MPI 实验）的信息，请参见第 51 页中的“数据的存储位置”。

用来收集性能数据的每个 MPI 进程都创建其自己的子实验。当 MPI 进程创建实验时，将锁定实验目录；所有其他 MPI 进程必须一直等待，直到解除锁定，这些进程才可以使用该目录。将试验存储在所有 MPI 进程可以访问的文件系统上。

如果未指定实验名称，则使用缺省的实验名称。在实验中，收集器将为每个 MPI 等级创建一个子实验。收集器使用 MPI 等级以格式 `M_rm.er` 构造子实验名称，其中 `m` 是 MPI 等级。

如果打算在实验完成后将其移动到其他位置，则使用 `collect` 命令指定 `-A copy` 选项。要复制或移动实验，请勿使用 UNIX `cp` 或 `mv` 命令；而是使用 `er_cp` 或 `er_mv` 命令，如第 8 章，操作实验中所述。

MPI 跟踪在每个节点的 `/tmp/a.*.z` 中创建临时文件。MPI `finalize()` 函数调用期间将删除这些文件。确保文件系统有足够的空间用于实验。对长时间运行的 MPI 应用程序收集数据之前，执行短期试运行以确认文件大小。有关如何估计所需空间的信息，另请参见第 53 页中的“估计存储要求”。

MPI 分析以开源 VampirTrace 5.5.3 版为基础。它可识别多个受支持的 VampirTrace 环境变量以及新的环境变量 `VT_STACKS`，该环境变量控制调用堆栈是否记录在数据中。有关这些变量的含义的详细信息，请参见 VampirTrace 5.5.3 文档。

环境变量 `VT_BUFFER_SIZE` 的缺省值将 MPI API 跟踪收集器的内部缓冲区限制为 64 MB。某一 MPI 进程达到限制的大小时，缓冲区将刷新到磁盘，前提是尚未达到 `VT_MAX_FLUSHES` 限制。缺省情况下，将 `VT_MAX_FLUSHES` 设置为 0。该设置将导致 MPI API 跟踪收集器在缓冲区已满时刷新磁盘的缓冲区。如果将 `VT_MAX_FLUSHES` 设置为正数，就是对允许刷新的次数进行了限制。如果缓冲区已满且无法刷新，不再将该进程的事件写入跟踪文件。结果是试验可能不完整，在某些情况下，实验可能不可读。

要更改缓冲区大小，请使用环境变量 `VT_BUFFER_SIZE`。该变量的最佳值取决于要跟踪的应用程序。设置较小的值将增加应用程序可以使用的内存，但是将触发 MPI API 跟踪收集器频繁进行缓冲区刷新。这些缓冲区刷新可能会显著改变应用程序的行为。另一方面，设置较大的值（如 2 GB）将可以使 MPI API 跟踪收集器刷新缓冲区的次数降至最低，但是将减少应用程序可以使用的内存。如果没有足够的内存可用来容纳缓冲区和应用程序数据，可能会造成应用程序的某些部分交换至磁盘，这也会导致应用程序的行为发生显著改变。

另一个重要的变量是 `VT_VERBOSE`，该变量可记录各种错误和状态消息。如果出现问题，请将此变量设置为 2 或更大的值。

通常，当 `mpirun` 目标存在时，MPI 跟踪输出数据是后处理的；将处理的数据文件写入实验，而将关于后处理时间的信息写入实验标题。如果利用 `-m off` 显式禁用 MPI 跟踪，就不执行 MPI 后处理。后处理失败时，报告错误，且任何 MPI 标签或 MPI 跟踪度量都不可用。

即使 `mpirun` 目标没有实际调用 MPI，仍然会记录实验，但不会生成任何 MPI 跟踪数据。该实验报告 MPI 后处理错误，任何 MPI 标签或 MPI 跟踪度量都将不可用。

如果将环境变量 `VT_UNIFY` 设置为 0，`collect` 不会运行后处理例程。首次在实验上调用 `er_print` 或 `analyzer` 时，将运行这些后处理例程。

注 - 除非您能够访问源文件或者拥有具备相同时间戳的副本，否则在计算机或节点间复制或移动实验时不能在带注释的反汇编代码中查看带注释的源代码或源代码行。可以在当前目录中放置指向原始源文件的符号链接，以便查看带注释的源代码。也可以使用“设置数据显示”对话框中的设置：通过“搜索路径”标签（请参见第 99 页中的““Search Path”（搜索路径）标签”），您可以管理要用来搜索源文件的目录列表；通过“路径映射”标签（请参见第 100 页中的““Pathmaps”（路径映射）标签”），您可以将文件路径的前面部分从一个位置映射到另一个位置。

从脚本收集数据

您可以指定一个脚本作为 `collect` 命令的目标。当目标是脚本时，在缺省情况下，`collect` 将收集为执行此脚本而启动的程序的数据，以及所有子孙进程的数据。

要仅针对特定进程收集数据，请使用 `-F` 选项指定要跟踪的可执行文件的名称。

例如，要分析脚本 `start.sh`，但是首先从可执行文件 `myprogram` 收集数据，需要使用以下命令。

```
$ collect -F =myprogram start.sh
```

针对为执行 `start.sh` 脚本而启动的创始进程和从脚本产生的所有 `myprogram` 进程收集数据，但不为其他进程收集数据。

将 collect 和 ppgsz 一起使用

通过在 ppgsz 命令上运行 collect 并指定 `-F on` 或 `-F all` 标志，可以将 collect 与 ppgsz(1) 一起使用。初始实验位于 ppgsz 可执行文件上，我们不需要关注它。如果您的路径找到 32 位版本的 ppgsz，并且实验在支持 64 位进程的系统上运行，则首先要做的是针对它的 64 位版本执行 exec，创建 `_x1.er`。该可执行文件将进行派生，创建 `_x1_f1.er`。

子进程尝试针对路径上的第一个目录中指定的目标执行 exec，然后针对第二个目录中的目标执行 exec，依此类推，直到其中一个 exec 尝试成功。例如，如果第三个尝试成功，则前两个后续实验分别命名为 `_x1_f1_x1.er` 和 `_x1_f1_x2.er`，并且这两个实验都完全为空。目标上的实验是来自成功的 exec 的某个实验，在本例中为第三个实验，命名为 `_x1_f1_x3.er` 并存储在初始实验之下。通过针对 `test.1.er/_x1_f1_x3.er` 调用分析器或 `er_print` 实用程序，可以直接处理该试验。

如果 64 位 ppgsz 是初始进程，或者如果在 32 位内核上调用 32 位 ppgsz，那么，针对实际目标执行 exec 操作的派生子进程的数据位于 `_f1.er` 中，而实际目标的实验位于 `_f1_x3.er` 中，前提是采用与上例相同的路径属性。

性能分析器工具

性能分析器是一款用于分析收集器所收集性能数据的图形化数据分析工具。收集器可以从“性能分析器”菜单选项或者通过使用 `collect` 命令或 `dbx` 中的 `collector` 命令来启动。收集器在进程执行过程中收集性能信息以创建实验，如第 3 章，[收集性能数据](#) 中所述。性能分析器读入这些实验，分析数据，然后以表格和图形显示这些数据。命令行工具 `er_print` 实用程序也可用来以 ASCII 文字格式显示实验数据。有关更多信息，请参见第 5 章，[er_print 命令行性能分析工具](#)。

本章包含以下主题：

- 第 77 页中的“启动性能分析器”
- 第 80 页中的“性能分析器 GUI”
- 第 101 页中的“查找文本和数据”
- 第 101 页中的“显示或隐藏函数”
- 第 101 页中的“过滤数据”
- 第 105 页中的“从分析器记录实验”
- 第 105 页中的“分析器缺省设置”
- 第 106 页中的“比较实验”

启动性能分析器

要启动性能分析器，请在命令行中键入以下内容：

```
% analyzer [control-options] [experiment-list]
```

`experiment-list` 命令参数是以空格分隔的实验名称、实验组名称或这两者的列表。如果不提供实验列表，分析器将启动并自动打开“打开实验”对话框，这样您就可以导航到某个实验并将其打开。

您可以在命令行中指定多个实验或实验组。如果指定其中包含后续实验的实验，将会自动装入所有后续实验。初始启动进程的数据将与所有子孙进程的数据聚集在一起。要装入个别后续实验，必须显式指定每个实验或者创建实验组。也可以在 `.er.rc` 文件中放入 `en_desc` 指令（请参见第 135 页中的“`en_desc { on | off | =regexp }`”）。

要创建实验组，可以在 `collect` 实用程序中使用 `-g` 参数。要手动创建实验组，请创建首行为以下内容的纯文本文件：

```
#analyzer experiment group
```

然后将实验名称添加到随后的行中。文件的扩展名必须为 `erg`。

也可以使用分析器窗口中的“文件”菜单来添加实验或实验组。要打开后续进程上所记录的实验，必须在“打开实验”对话框（或“添加实验”对话框）中键入文件名称，因为文件选择器不允许将实验作为目录打开。

分析器显示多个实验时，缺省情况下聚集所有实验的数据。组合和查看数据时，就好像数据来自一个实验一样。但是，还可以选择比较实验而不是聚集数据。请参见第 106 页中的“比较实验”。

可以在“打开实验”对话框或“添加实验”对话框中单击要装入的实验或实验组的名称来预览该实验或实验组。

您还可以按以下所示通过命令行启动性能分析器来记录实验：

```
% analyzer [Java-options] [control-options] target [target-arguments]
```

分析器启动并显示“收集”窗口，显示指定的目标及其参数以及用于收集实验的设置。有关详细信息，请参见第 105 页中的“从分析器记录实验”。

您也可以打开“实时”实验，也就是仍在进行收集的实验。在打开实时实验时，您将只看到在实验打开时已经收集到的数据。在新数据传入时，实验并不自动更新。要进行更新，可以重新打开实验。

分析器命令选项

这些选项控制分析器的行为，分为三个组：

- Java 选项
- 控制选项
- 信息选项

Java 选项

这些选项为运行分析器的 JVM 指定设置。

```
-j|--jdkhome jvm-path
```

指定运行分析器的 JVM 软件的路径。如果未指定 `-j` 选项，则首先采用缺省路径，方法是在环境变量中检查 JVM 的路径（先检查 `JDK_HOME`，再检查 `JAVA_PATH`）。如果这两个环境变量均未设置，将使用 `PATH` 上找到的 JVM。使用 `-j` 选项可覆盖所有缺省路径。

-Jjvm-options

指定 JVM 选项。可以指定多个选项。例如：

- 要运行 64 位分析器，请键入：
`analyzer -J-d64`
- 要运行最大 JVM 内存为 2 GB 的分析器，请键入：
`analyzer -J-Xmx2G`
- 要运行最大 JVM 内存为 8 GB 的 64 位分析器，请键入：
`analyzer -J-d64 -J-Xmx8G`

控制选项

这些选项控制 GUI 的字体大小，并在启动分析器之前显示版本和运行时信息。

-f|--fontsize *size*

指定要在分析器 GUI 中使用的字体大小。

-v|--verbose

启动之前列显版本信息和 Java 运行时参数。

信息选项

这些选项不调用性能分析器 GUI，但将有关 `analyzer` 的信息列显至标准输出。以下每个选项都是独立选项；它们不能与其他 `analyzer` 选项、目标或 `experiment-list` 参数结合使用。

-V|--version

列显版本信息并退出。

-?|--h|--help

列显用法信息并退出。

分析器缺省设置

启动时，分析器使用名为 `.er.rc` 的资源文件来确定各种设置的缺省值。首先读取系统范围的 `er.rc` 缺省值文件，然后读取用户的起始目录中的 `.er.rc` 文件（如果有），最后读取当前目录中的 `.er.rc` 文件（如果有）。您的起始目录中的 `.er.rc` 文件的缺省值覆盖系统缺省值，当前目录中的 `.er.rc` 文件的缺省值覆盖起始目录缺省值和系统缺省值。`.er.rc` 文件由分析器和 `er_print` 实用程序使用。`er_src` 实用程序也使用 `.er.rc` 中应用于源文件和反汇编编译器注释的所有设置。

有关 `.er.rc` 文件的更多信息，请参见第 105 页中的“分析器缺省设置”一节。有关使用 `er_print` 命令设置缺省值的信息，请参见第 133 页中的“设置缺省值的命令”和第 135 页中的“仅为性能分析器设置缺省值的命令”。

性能分析器 GUI

分析器窗口具有菜单栏、工具栏以及一个包含用于显示各种数据的标签的拆分窗格。

菜单栏

菜单栏中包含“File”（文件）菜单、“View”（视图）菜单和“Help”（帮助）菜单。

“文件”菜单用来打开、添加和删除实验和实验组。利用“文件”菜单可以通过性能分析器 GUI 来收集实验数据。有关使用性能分析器收集数据的详细信息，请参阅第 105 页中的“从分析器记录实验”。从“文件”菜单，还可以创建新的分析器窗口并将分析器中当前显示的数据打印到文件或打印机。

利用“视图”菜单可以配置实验数据的显示方式。

“帮助”菜单提供性能分析器的联机帮助、新功能摘要、快速参考和快捷键以及故障排除。

工具栏

工具栏提供了一组用作快捷方式的图标、一个“View Mode”（查看模式）列表（可用于更改某些实验类型的数据显示方式）以及查找功能（用于帮助您查找某些标签中的文本或突出显示的行）。有关查找功能的详细信息，请参见第 101 页中的“查找文本和数据”。

分析器数据显示

性能分析器使用拆分窗口将数据显示在两个窗格中。每个窗格都含有标签，以便您可以为同一实验或实验组选择不同的数据显示。

左侧窗格中的标签协同工作，这样，当您在其中一个标签中选择某个项时（例如一个函数），该项在其他标签中也会选中。左侧窗格中的大部分标签具有上下文菜单，右击单击标签中的项即可打开该菜单。您可以使用上下文菜单来添加过滤器，或者执行与该标签相关的其他活动。在一个标签中应用过滤器时，将在可以过滤的所有标签中过滤数据。

右侧窗格中的标签显示与您在左侧窗格中选中的项相关的更多信息，在某些情况下还会提供用于操作左侧窗格的标签中信息的工具。

左侧窗格中的数据标签

在打开实验时，有两个因素确定了某个标签是否在分析器窗口的左侧窗格中显示：

- .er.rc 文件，这是在启动分析器时读取的文件，其中包含指定要显示的缺省标签的 tabs 指令。
- 实验中数据的类型确定了应显示的其他标签。例如，如果实验包含 OpenMP 数据，则将自动打开 OpenMP 的标签来显示数据。

可以使用 "Set Data Presentation"（设置数据显示）对话框中的 "Tab"（标签）标签（请参见第 100 页中的““Tab”（标签）标签”）选择要在当前分析器会话中显示的标签。如果要更改缺省标签，请参见第 105 页中的“分析器缺省设置”。

左窗格按标签出现的顺序显示主要分析器显示中的标签：

- 第 82 页中的““MPI 时间线”标签”
- 第 82 页中的““MPI Chart”（MPI 图表）标签”
- 第 82 页中的““Races”（争用）标签”
- 第 82 页中的““Deadlocks”（死锁）标签”
- 第 82 页中的““Functions”（函数）标签”
- 第 83 页中的““Callers-Callees”（调用方-被调用方）标签”
- 第 84 页中的““调用树”标签”
- 第 85 页中的““Dual-Source”（双重数据源）标签”
- 第 85 页中的““Source/Disassembly”（源/反汇编）标签”
- 第 85 页中的““Source”（源）标签”
- 第 86 页中的““Lines”（行）标签”
- 第 86 页中的““Disassembly”（反汇编）标签”
- 第 87 页中的““PCs”（PC）标签”
- 第 87 页中的““OpenMP 并行区域”标签”
- 第 87 页中的““OpenMP 任务”标签”
- 第 88 页中的““Timeline”（时间线）标签”
- 第 89 页中的““LeakList”（泄漏列表）标签”
- 第 89 页中的““DataObjects”（数据对象）标签”
- 第 90 页中的““DataLayout”（数据布局）标签”
- 第 90 页中的““Inst-Freq”（指令频率）标签”
- 第 90 页中的““Statistics”（统计数据）标签”
- 第 90 页中的““Experiments”（实验）标签”
- 第 91 页中的““Index Objects”（索引对象）标签”
- 第 91 页中的““Threads”（线程）标签”
- 第 92 页中的““Samples”（样本）标签”
- 第 92 页中的““CPUs”（CPU）标签”
- 第 93 页中的““Seconds”（秒）标签”
- 第 94 页中的““MemoryObjects”（内存对象）标签”

“MPI 时间线”标签

“MPI 时间线”标签显示一组水平栏，这些水平栏与 MPI 实验中的进程一一对应，其间以指示消息的对角线连接。每个栏中的区域都根据所在的 MPI 函数着色，或者表明该进程不在 MPI 内（即，位于应用程序代码中的其他位置）。

选择栏的某个区域或消息线可在“MPI 时间线控件”标签中显示有关该选定区的详细信息。

拖动鼠标可使“MPI 时间线”标签沿水平（时间）轴或垂直（进程）轴放大，具体取决于拖动的主方向。

可以将“MPI 时间线”的图像打印到打印机或 .jpg 文件。选择 "File"（文件）→ "Print"（打印）并选择 "Print"（打印）或 "File"（文件），然后指定打印机或文件名。

"MPI Chart"（MPI 图表）标签

“MPI 图表”标签显示“MPI 时间线”标签中显示的 MPI 跟踪数据的图表。它可显示与 MPI 执行有关的数据图。更改“MPI 图表”标签中的控件然后单击“重画”，将显示一个新的图表。选择图表中的某个元素可在“MPI 图表控件”标签中显示有关该元素的更多详细信息。

拖动鼠标可使“MPI 图表”标签在拖动鼠标形成的矩形区域上放大。

可以将 MPI 图表的图像打印到打印机或 .jpg 文件。选择 "File"（文件）→ "Print"（打印）并选择 "Print"（打印）或 "File"（文件），然后指定打印机或文件名。

"Races"（争用）标签

“争用”标签显示在数据争用实验中检测到的所有数据争用列表。有关更多信息，请参见《[Oracle Solaris Studio 12.3：线程分析器用户指南](#)》。

"Deadlocks"（死锁）标签

“死锁”标签显示在死锁实验中检测到的所有死锁列表。有关更多信息，请参见《[Oracle Solaris Studio 12.3：线程分析器用户指南](#)》。

"Functions"（函数）标签

"Function"（函数）标签显示函数及相应度量的列表。度量是根据在实验中收集的数据得出的。度量可以是独占的，也可以是非独占的。独占的度量表示仅由函数本身使用。非独占的度量表示可由函数及其所调用的所有函数使用。

[collect\(1\)](#) 手册页和 [第 2 章，性能数据](#) 中提供了收集的各种数据类型的可用度量列表。

时间度量显示为秒，精度可达到毫秒。百分比精确到 0.01%。如果某个度量值正好为零，则其时间和百分比显示为 "0"。如果值不是恰好为零，但小于精度，则其值将显示为 "0.000"，其百分比为 "0.00"。由于进行了舍入，百分比总和可能不会恰好是 100%。计数度量显示为整数计数。

初始显示的度量基于收集的数据以及从各种 `.er.rc` 文件中读取的缺省设置。在最初安装性能分析器时，缺省度量如下所示：

- 对于基于时钟的分析，缺省设置包含非独占和独占的用户 CPU 时间。
- 对于同步延迟跟踪，缺省设置包含非独占同步等待计数和非独占同步时间。
- 对于硬件计数器溢出分析，缺省设置包含非独占和独占的次数（对于周期计数的计数器）或事件计数（对于其他计数器）。
- 对于堆跟踪，缺省设置包含堆泄漏和泄漏的字节。

如果收集的数据类型多于一种，则显示每种类型的缺省度量。

可以更改或重新组织显示的度量；有关详细信息，请参见联机帮助。

要搜索函数，请使用查找工具。有关“查找”工具的更多详细信息，请参阅第 101 页中的“[查找文本和数据](#)”。

要查看函数的源代码，可双击函数以打开“Source”（源）标签，其中显示源代码中代表该函数的行。

要选择单个函数，请单击该函数。

要选择在标签中连续显示的多个函数，请选择组中的第一个函数，然后按住 Shift 键并单击组中的最后一个函数。

要选择标签中不连续显示的多个函数，请选择组中的第一个函数，然后通过按住 Ctrl 键并单击每个函数来选择其他函数。

您也可以在“Function”（函数）标签中右键单击以便打开上下文菜单，然后选择所选函数的预定义过滤器。有关过滤的详细信息，请参见过滤器帮助。

“Callers-Callees”（调用方-被调用方）标签

“调用方与被调用方”标签显示代码中函数之间的调用关系，同时显示性能度量。“调用方与被调用方”标签允许通过一次为一个调用构建调用堆栈片段详细检查代码分支的度量。

该标签显示三个独立的面板：“调用方”面板位于顶部，“堆栈片段”面板位于中部，“被调用方”面板位于下部。首次打开“调用方与被调用方”标签时，“堆栈片段”面板中的函数即为在分析器的另一个标签（如“函数”标签或“源”标签）中选择的函数。“调用方”面板列出用于调用“堆栈片段”面板中函数的函数，“被调用方”面板列出由“堆栈片段”面板中函数调用的函数。

通过将调用方和被调用方添加到调用堆栈，可以以一次一个调用的方式围绕中心函数构造调用堆栈片段。

在“Callers”（调用方）窗格或“Callees”（被调用方）窗格中双击函数可以添加对堆栈片段的调用，也可以通过选择一个函数并单击“Add”（添加）按钮来完成。删除函数调用

与添加类似，方法是双击位于调用堆栈片段顶部或底部的函数，或者选择顶部或底部函数并单击“删除”。添加和删除任务还可以通过上下文菜单执行，方法是右键单击函数并选择适当的命令。

通过选择某个函数并单击“设置头部”、“设置中心”或“设置尾部”，可以将函数设置为调用堆栈片段的头部（顶部）、中心或尾部（底部）。这种新的排序可使当前位于调用堆栈片段中的其他函数，相对于所选函数在堆栈片段中的新位置，移动到“Callers”（调用方）或“被调用方”（Callees）区域中的相应位置。

您可以使用位于“堆栈片段”面板上方的“后退”和“前进”按钮查看您对调用堆栈片段的更改历史记录。

当您在堆栈片段中添加和删除函数时，将为整个片段计算度量，并将结果显示在片段中的最后一个函数旁边。

可以在“Callers-Callees”（调用方-被调用方）标签的任意面板中选择一个函数，然后右键单击以便打开上下文菜单并选择过滤器。将根据您在此标签以及所有分析器数据标签中所做的选择来过滤数据。有关使用上下文过滤器的详细信息，请参见联机帮助。

“Callers-Callees”（调用方与被调用方）标签显示归属度量：

- 对于“堆栈片段”面板中的调用堆栈片段，归属度量表示该调用堆栈片段的独占度量。
- 对于被调用方，归属度量表示被调用方度量中归属于调用堆栈片段调用的那一部分。被调用方的归属度量与调用堆栈片段之和应该等于调用堆栈片段的度量。
- 对于调用方，归属度量表示调用堆栈片段的度量中归属于调用方的调用的那一部分。所有调用方的归属度量之和同样应等于调用堆栈片段的度量。

有关度量的更多信息，请参见第 34 页中的“函数级度量：独占、非独占和归属”。

“调用树”标签

“调用树”标签将程序的动态调用图显示为树，其中每个函数调用显示为可以展开和折叠的节点。展开的函数节点显示由该函数生成的所有函数调用，以及这些函数调用的性能度量。当您选中某个节点时，右侧的“摘要”选项卡将显示该函数调用方和被调用方的度量。归属度量的百分比是总程序度量的百分比。树的缺省根目录是 <Total>，这不是一个函数，而是表示程序的所有函数的 100% 的性能度量。

“调用树”标签允许向下掘取到具体的调用跟踪并分析哪些跟踪具有最大的性能影响。可以通过程序结构进行导航，搜索高度量值。

提示 - 要轻松查找花费时间最多的分支，请右键单击任一节点，然后选择“展开热门分支”。

您可以在 "Call Tree" (调用树) 标签中右键单击以便打开上下文菜单, 然后为所选分支或所选函数添加预定义过滤器。采用这种方法过滤, 您可以筛选掉所有分析器标签中您不感兴趣的区域的数据。

"Dual-Source" (双重数据源) 标签

"双重数据源" 标签显示所选数据争用或死锁涉及到的两个源上下文。仅当装入了数据争用检测或死锁实验时才会显示此标签。有关更多信息, 请参见《Oracle Solaris Studio 12.3: 线程分析器用户指南》。

"Source/Disassembly" (源/反汇编) 标签

"Source/Disassembly" (源/反汇编) 标签在上面的窗格中显示带注释的源代码, 在下面的窗格中显示带注释的反汇编代码。这些窗格是协同工作的, 因此在一个窗格中选择行时, 在另一个窗格中也会选中相关行。缺省情况下该标签不可见。可以使用 "View" (视图) 菜单中的 "Set Data Presentation" (设置数据显示) 选项来添加 "Source/Disassembly" (源/反汇编) 标签。单击 "Save" (保存) 可始终显示该标签。

"Source" (源) 标签

如果源代码可用, "源" 标签显示包含所选函数源代码的文件, 在每个源代码行左侧的列中, 都提供有性能度量注释。高度量值用黄色高亮显示, 指明这些源代码行位于资源使用的热点区域。对于每个热点源代码行, 还在滚动条旁边的右边界中显示一个黄色的导航标记。低于热点阈值的非零度量不高亮显示, 但用黄色导航标记进行标记。要快速导航到具有度量的源代码行, 可以单击右边界中的黄色标记以跳到具有度量的行。还可以右键单击度量本身并选择诸如 "下一个热点代码行" 或 "下一个非零度量代码行" 之类的选项以跳到下一个具有度量的代码行。

高亮显示度量的阈值可以在 "源/反汇编" 标签中的 "设置数据显示" 对话框中进行设置。可以在 `.er.rc` 缺省值文件中设置缺省阈值。有关 `.er.rc` 文件的更多信息, 请参见第 105 页中的 "分析器缺省设置"。

"源" 标签在源代码的列标题中显示源文件和相应对象文件的完整路径以及装入对象的名称。少数情况下, 会使用同一源文件编译多个目标文件, 此时 "源" 标签显示包含所选函数的目标文件的性能数据。

有关用于查找实验源代码的过程的说明, 请参见第 173 页中的 "工具如何查找源代码"。

双击 "Function" (函数) 标签中的函数打开 "Source" (源) 标签时, 显示的源文件是该函数的缺省源代码上下文。函数的缺省源上下文是包含函数的第一条指令 (对于 C 代码, 为函数的左花括号) 的文件。紧接着第一条指令, 带注释的源文件为函数添加索引行。源窗口用尖括号中的红色斜体文本显示索引行, 格式如下:

```
<函数 : f_name>
```

函数可能具有其他源上下文, 即包含归属于该函数的指令的其他文件。这些指令可能来自头文件或内联到所选函数中的其他函数。如果存在其他源上下文, 则缺省源上下文的开头将包含指示其他源上下文所在位置的扩展索引行列表。

<Function: *f*, instructions from source file *src.h*>

双击引用其他源上下文的索引行，将在与索引函数关联的位置打开包含该源上下文的文件。

为了便于导航，其他源上下文也以一个索引行列表开头，通过这些索引行可以返回到缺省源上下文和其他源上下文中定义的函数。

源代码中插入了所有选择显示的编译器注释。可以在“设置数据表示”对话框中设置显示的注释类别。可以在 `.er.rc` 缺省值文件中设置缺省类别。

可以更改或重新组织“源”标签中显示的度量，有关详细信息，请参见联机帮助。

有关“Source”（源）标签内容的详细信息，请参见第 174 页中的“性能分析器“源”标签布局”。

"Lines"（行）标签

“行”标签显示包含源行及其度量的列表。源行标有行所在的函数以及行号和源文件名。如果函数无行号信息或函数的源文件未知，则在行显示中，函数的所有程序计数器 (program counter, PC) 聚集在一起，显示为该函数的单个条目。在行显示中，来自隐藏了其函数的装入对象中的函数中的 PC 聚集在一起，显示为该装入对象的单个条目。如果从“行”标签中选择一个行，则会在“摘要”标签中显示该行的所有度量。如果从“行”标签中选择一个行后选择“源”或“反汇编”标签，则会将显示定位到适当的行。

"Disassembly"（反汇编）标签

“反汇编”标签显示包含所选函数的目标文件的反汇编列表，带有针对每条指令的性能度量注释。要查看反汇编代码列表，需要在工具栏的“View Mode”（查看模式）列表中选择“Machine”（计算机）。

反汇编列表中插入了源代码（如果有）以及所有选择显示的编译器注释。在“反汇编”标签中查找源文件的算法与在“源”标签中使用的算法相同。

与“源”标签相同，“反汇编”标签中显示索引行。但与“源”标签不同的是，其他源上下文的索引行不能直接用于导航。此外，替代源上下文的索引行显示在 `#included` 或内联代码插入位置的开头，而不是仅在“反汇编”视图的开头列出。来自其他文件的 `#included` 或内联代码显示为原始反汇编指令，不与源代码交叉在一起显示。但是，将光标置于这些指令之一上并选择“源”标签可以打开包含 `#included` 或内联代码的源文件。显示此文件时选择“反汇编”标签将在新上下文中打开“反汇编”视图，从而显示插入了源代码的反汇编代码。

可以在“设置数据表示”对话框中设置显示的注释类别。通过单击对话框中的“Save”（保存）按钮，可在 `.er.rc` 缺省文件中设置缺省类。

分析器突出显示度量等于或大于特定于度量的阈值的热点代码行，以便于查找重要的代码行。可以在“设置数据表示”对话框中设置阈值。通过单击对话框中的“Save”（保存）按钮，可在 `.er.rc` 缺省文件中设置缺省阈值。

在 "Source" (源) 标签中, 对于每个带有度量的源代码行, 在滚动条旁边的右边界中将显示黄色的导航标记。低于热点阈值的非零度量不高亮显示, 但用黄色导航标记进行标记。要快速导航到具有度量的源代码行, 可以单击右边界中的黄色标记以跳到具有度量的行。还可以右键单击度量本身并选择诸如“下一个热点代码行”或“下一个非零度量代码行”之类的选项以跳到下一个具有度量的代码行。

有关 "Disassembly" (反汇编) 标签内容的详细信息, 请参见第 180 页中的“带注释的反汇编代码”。

"PCs" (PC) 标签

"PCs" (PC) 标签列出程序计数器 (program counter, PC) 及相应度量。PC 标有其所来自的函数及在该函数中的偏移。在 "PC" 显示中, 来自隐藏了其函数的装入对象中的函数中的 PC 聚集在一起, 显示为装入对象的单个条目。在 "PCs" (PC) 标签中选择一行, 则会在 "Summary" (摘要) 标签中显示该 PC 的所有度量。从 "PC" 标签中选择一个行后选择“源”或“反汇编”标签会将显示定位到适当的行。

有关 PC 的更多信息, 请参见第 151 页中的“调用堆栈和程序执行”一节。

“OpenMP 并行区域”标签

对于使用通过 Oracle Solaris Studio 编译器编译的 OpenMP 任务的程序, OpenMP 的 "Parallel Region" (并行区域) 标签仅适用于使用 OpenMP 3.0 收集器记录的实验。有关更多信息, 请参见第 50 页中的“OpenMP 分析的限制”。

该标签列出程序执行期间遇到的所有并行区域和从相同分析数据计算得出的度量值。针对当前并行区域计算独占度量。非独占度量反映嵌套并行性。它们被归属到当前并行区域和从其创建当前并行区域的父并行区域, 甚至进一步递归直至最顶层隐式 OpenMP 并行区域, 这表示以串行方式执行程序 (在任何并行区域之外)。如果程序中不存在嵌套并行区域, 独占度量和非独占度量具有相同的值。

如果多次调用包含并行区域的函数, 并行区域的所有实例将聚集在一起, 呈现为相应标签中的一个行项目。

该标签可用于进行导航。可以选择感兴趣的项 (如具有最高 OpenMP 等待时间的并行区域), 分析其源代码或者选择上下文过滤器, 从而只包含与所选项相关的数据, 然后使用以下标签来分析其他程序对象如何表示数据: "Functions" (函数)、"Timeline" (时间线)、"Threads" (线程) 等等。

“OpenMP 任务”标签

“OpenMP 任务”标签显示 OpenMP 任务及其度量的列表。对于使用通过 Oracle Solaris Studio 编译器编译的 OpenMP 任务的程序, 该标签仅适用于使用 OpenMP 3.0 收集器记录的实验。有关更多信息, 请参见第 50 页中的“OpenMP 分析的限制”。

该标签列出在程序执行期间遇到的任务，以及从分析数据计算的度量值。独占度量仅应用于当前任务。非独占度量包括 OpenMP 任务的度量及其子任务的度量，父子关系是在任务创建时间建立的。来自隐式并行区域的 OpenMP 任务表示以串行方式执行程序。

如果多次调用包含任务的函数，并行区域的所有实例将聚集在一起，呈现为相应标签中的一个行项目。

该标签可用于进行导航。可以选择感兴趣的项（如具有最高 OpenMP 等待时间的任务），通过单击 "Source"（源）标签分析其源代码。您还可以选择一项，右键单击以便选择上下文过滤器，从而只包含与所选项相关的数据，然后使用以下标签来分析其他程序对象如何表示该项："Functions"（函数）、"Timeline"（时间线）、"Threads"（线程）等等。

"Timeline"（时间线）标签

"Timeline"（时间线）标签以时间函数形式显示收集器所记录的事件和采样点的图表。数据显示在水平栏中。对于每个实验，顶部都有一栏显示样本数据，后面跟随一组显示各个线程的栏。在用于线程的一组栏中，记录的每种数据类型都有一栏：基于时钟的分析、硬件计数器溢出分析、同步跟踪、堆跟踪和 MPI 跟踪。对于硬件计数器溢出分析，每个硬件计数器均有一栏。用于每个数据类型的栏仅在装入的实验包含该类型的数据时才显示。

性能分析器显示的事件计时度量对应于在各状态中花费的相对时间长度。样本栏显示实验中所有线程的计时度量的摘要。单击某个样本可在右侧的 "Timeline Details"（时间线详细信息）标签中显示该样本的计时度量。您也可以通过显示事件状态图来显示线程中单个事件的计时度量。

分析数据栏或跟踪数据栏显示每个记录的事件的事件标记。事件标记包含随事件一起记录的调用堆栈的颜色编码表示形式。

分析数据栏或跟踪数据栏显示每个记录的事件的事件标记。事件标记包含随事件一起记录的调用堆栈的颜色编码表示形式。单击事件标记可选择事件的对应调用堆栈，并在 "Timeline Details"（时间线详细信息）标签中显示该事件的数据以及调用堆栈函数。在 "Timeline Details"（时间线详细信息）标签的 "Details for Selected Event"（所选事件的调用堆栈）区域中，可以选择单个函数调用，在标签的 "Details for Selected Event"（所选事件的详细信息）区域中查看这些调用的相关详细信息。然后，如果您单击 "Source"（源）标签或 "Disassembly"（反汇编）标签，则将在调用堆栈中突出显示与该帧对应的行。

对于某些类型的数据，事件可能会因重叠而不可见。如果两个或多个事件恰好出现在同一位置，则只绘制一个事件；如果一个或两个像素内有两个或多个事件，将绘制全部事件。但是可能无法从视觉上区分它们。在以上两种情况下，绘制的事件下将显示一个小的灰色勾号，以表示重叠。显示事件频率图可以查看有关事件的更多信息。

利用 "Set Data Presentation" (设置数据显示) 对话框的 "Timeline" (时间线) 标签可以执行以下操作: 更改显示的特定于事件的数据的类型; 选择显示线程、LWP、CPU 或实验的特定于事件的数据; 选择在根或叶处对齐调用堆栈表示; 选择显示的调用堆栈的级别数。在某些时间线栏中, 还可以选择显示事件频率图和事件状态图。

事件频率图是一个线形图, 其中以时间函数形式显示事件频率。要启用事件频率图, 请在 "Set Data Presentation" (设置数据显示) 对话框的 "Timeline" (时间线) 标签中选择 "Event Frequency Chart" (事件频率图)。对于每个启用的数据类型, 将直接在关联的时间线数据栏下显示事件频率图。

事件状态图是一个条形图, 其中以时间函数形式显示应用程序在各种不同状态下所花费时间的分布。对于在 Oracle Solaris 上记录的时钟分析数据, 事件状态图显示 Oracle Solaris 微状态。事件状态图的颜色编码与时间线样本栏相同。要启用事件状态图, 请在 "Set Data Presentation" (设置数据显示) 对话框的 "Timeline" (时间线) 标签中选择 "Event State Chart" (事件状态图)。随即将在关联的数据栏下显示事件状态图。如果同时启用了事件频率图, 则状态图将显示在频率图之下。

有关使用“时间线”标签的详细信息, 请参阅联机帮助。

"LeakList" (泄漏列表) 标签

“泄漏列表”标签显示两行, 上面一行表示泄漏, 下面一行表示分配。每一行包含一个调用堆栈, 与“时间线”标签中显示的调用堆栈类似; 在中间, 上面有一个条, 其长度与泄漏或分配的字节数成比例, 下面也有一个条, 其长度与泄漏或分配数成比例。

选择泄漏或分配将在“泄漏”标签中显示所选的泄漏或分配的数据, 并且在调用堆栈中选择一个帧 (与在“时间线”标签中相同)。

可以通过在“设置数据表示”对话框的“标签”标签中选择“泄漏列表”标签来显示该标签 (请参见第 100 页中的““Tab” (标签) 标签”)。仅在一个或多个装入的实验包含堆跟踪数据时才能使“泄漏列表”标签可见。

"DataObjects" (数据对象) 标签

“数据对象”标签显示数据对象及其度量的列表。该标签仅应用于包括数据空间分析的实验, 包括数据空间分析的实验是对硬件计数器溢出分析的扩展。有关更多信息, 请参见第 149 页中的“数据空间分析和内存空间分析”。

可以通过在“设置数据表示”对话框的“标签”标签中选择该标签来显示该标签 (请参见第 100 页中的““Tab” (标签) 标签”)。仅在一个或多个装入的实验包含数据空间分析时才能使“数据对象”标签可见。

该标签显示针对程序中的各种数据结构和变量的硬件计数器内存操作度量。

要选择单个数据对象, 请单击该对象。

要选择标签中连续显示的多个对象, 请选择第一个对象, 然后按住 Shift 键并单击最后一个对象。

要选择在标签中不连续显示的多个对象，请选择第一个对象，然后通过按住 Ctrl 键并单击每个对象来选择其他对象。

"DataLayout" (数据布局) 标签

“数据布局”标签显示所有程序数据对象（具有数据派生度量数据）的带注释的数据对象布局。该标签仅适用于包括数据空间分析的实验，包括数据空间分析的实验是对硬件计数器溢出分析的扩展。有关更多信息，请参见第 149 页中的“数据空间分析和内存空间分析”。

总的来说，标签中显示的布局按照结构的数据排序度量值进行排序。标签显示每个聚集的数据对象及归属于该对象的总度量，后跟数据对象中的所有元素（按偏移量顺序）。每个元素相应地具有其自己的度量，并且在一个 32 字节的块中指示其大小和位置。

在 "Set Data Presentation"（设置数据显示）对话框的 "Tab"（标签）标签中选择 "DataLayout"（数据布局）标签，显示该标签（请参见第 100 页中的““Tab”（标签）标签”）。与“数据对象”标签相同，仅在一个或多个装入的实验包含数据空间分析时才可使“数据布局”标签可见。

要选择单个数据对象，请单击该对象。

要选择在标签中连续显示的多个对象，请选择第一个对象，然后按住 Shift 键并单击最后一个对象。

要选择在标签中不连续显示的多个对象，请选择第一个对象，然后通过按住 Ctrl 键并单击每个对象来选择其他对象。

"Inst-Freq" (指令频率) 标签

"Inst-Freq"（即“指令频率”）标签显示计数数据实验中各类指令执行频率的摘要，该数据在 collect -c 中收集。该标签还显示有关装入、存储和浮点指令的执行频率的数据。此外，该标签还包含有关取消的指令和分支延迟槽中的指令的信息。

"Statistics" (统计数据) 标签

“统计数据”标签显示所选的实验和样本的各种系统统计数据的总和。总和后面是所选的每个实验的样本的统计数据。有关显示的统计数据的信息，请参见 getusage(3C) 和 proc(4) 手册页。

"Experiments" (实验) 标签

“实验”标签分为两个面板。上面的面板包含一个树，树中包含所有装入实验中的装入对象和每个装入实验的节点。展开“装入对象”节点时，将显示所有装入对象的列表（附带有关装入对象的处理情况的各种消息）。展开实验节点时，将显示两个区域：“Notes”（说明）区域和 "Info"（信息）区域。

"Notes" (说明) 区域显示实验中的所有说明文件的内容。可以通过直接在 "Notes" (说明) 区域中键入内容来编辑说明。"Notes" (说明) 区域包含其自己的工具栏, 其中有用来保存或丢弃说明以及撤消或重做自上次保存以后的所有编辑的按钮。

"Info" (信息) 区域包含有关收集的实验以及收集目标访问的装入对象的信息, 包括在处理实验或装入对象过程中生成的所有错误消息或警告消息。

底部的面板列出来自分析器会话的错误消息和警告消息。

"Index Objects" (索引对象) 标签

每个 "Index Objects" (索引对象) 标签显示归属于各种索引对象的数据的度量值, 例如线程、Cpu 和秒。由于索引对象不是分层结构, 因此不显示非独占和独占的度量。对于每一种类型, 只显示一个度量。

有多个预定义的 "Index Objects" (索引对象) 标签: "Threads" (线程)、"Cpus" (Cpu)、"Samples" (样本)、"Seconds" (秒)、"Processes" (进程) 和 "Experiment IDs" (实验 ID)。这些标签将在下文中分别予以说明。

您可以定义定制的索引对象, 方法是在“设置数据表示”对话框中单击“添加定制索引标签”按钮, 以打开“添加索引对象”对话框。也可以在 `.er.rc` 文件中使用 `indxobj_define` 指令来定义索引对象 (请参见第 124 页中的“[indxobj_define indxobj_type index_exp](#)”)。

"Threads" (线程) 标签

"Threads" (线程) 标签是一种索引对象标签, 缺省情况下不显示。可以在 "Set Data Presentation" (设置数据显示) 对话框的 "Tab" (标签) 标签中选择该标签。如果在此对话框中单击 "Save" (保存) 按钮, 则会将选定内容作为缺省值保存到您的 `.er.rc` 文件中。

"Threads" (线程) 标签显示线程及相应度量的列表。线程使用线程号表示, 缺省情况下显示时钟分析实验的用户 CPU 时间。如果装入的实验中存在其他度量, 则缺省情况下还会显示这些度量。

可以使用单选按钮来显示类型: 文本 (缺省值)、图形或图表。"Text" (文本) 显示与 "Function" (函数) 标签相似, 但只显示归属各个线程的独占度量。"Graphical" (图形) 显示模式将显示各个线程相关值的条形图, 每个度量用一个单独的直方图表示。直方图按照在 "Text" (文本) 显示模式下使用的数据排序度量进行排序。在 "Text" (文本) 和 "Graphical" (图形) 显示中, 可以使用鼠标单击或者使用箭头键在标签中导航, 从而在右侧的 "Summary" (摘要) 标签中查看关于当前所选项的更多信息。

"Chart" (图表) 显示模式将显示线程与其他度量 (例如用户 CPU 时间或同步时间) 的图表。缺省情况下将显示负载不平衡图, 这有助于检测使用了较多 CPU 时间的线程。

负载不平衡图右侧的 "Thread Chart Controls" (线程图表控件) 标签中显示由于不均衡的线程负载而造成的实际时间损失, 以秒和百分比为单位来表示。如果线程能实现完美平衡, 则将会带来与这些值接近的性能提升。将由高负载的线程所执行的任务分解为较短的任务, 并在可用线程之间分配, 可以实现更好的负载平衡。

锁定争用图显示在所有线程上同步等待时间的分布, 这可以帮助查看由于线程之间的同步而损失的时间, 以及哪些线程损失的时间更多。

要更改图表的类型, 请在右侧的 "Thread Chart Controls" (线程图表控件) 标签上选择 "Chart Name" (图表名称), 然后单击 "Redraw" (重画)。

单击图表中的栏或者在 "Thread Chart Controls" (线程图表控件) 标签的导航栏中单击 "Up" (向上) 和 "Down" (向下) 按钮, 可以选择特定线程并在 "Thread Chart Controls" (线程图表控件) 标签中查看度量信息。

您还可以右键单击并从上下文菜单中选择导航选项。

"Samples" (样本) 标签

"Samples" (样本) 标签是一种索引对象标签, 缺省情况下不显示。可以在 "Set Data Presentation" (设置数据显示) 对话框的 "Tab" (标签) 标签中选择该标签。如果在此对话框中单击 "Save" (保存) 按钮, 则会将选定内容作为缺省值保存到您的 .er.rc 文件中。

"Samples" (样本) 标签显示采样点及相应度量的列表。样本使用样本号表示, 缺省情况下显示时钟分析实验的用户 CPU 时间。如果装入的实验中存在其他度量, 则还会显示这些度量。

可以使用单选按钮来显示类型: "Text" (文本) 或 "Graphical" (图形)。缺省情况下以 "Text" (文本) 模式显示, 显示内容与 "Function" (函数) 标签类似。度量值反映了装入的实验中在每个采样点记录的微状态。

"Graphical" (图形) 显示模式将显示各个样本相关值的条形图, 每个度量用一个单独直方图表示。直方图按照在 "Text" (文本) 显示模式下使用的数据排序度量进行排序。

您也可以右键单击来添加上下文过滤器, 过滤在此标签和其他分析器标签中显示的数据。

"CPUs" (CPU) 标签

"CPUs" (CPU) 标签是一种索引对象标签, 缺省情况下不显示。可以在 "Set Data Presentation" (设置数据显示) 对话框的 "Tab" (标签) 标签中选择该标签。如果在此对话框中单击 "Save" (保存) 按钮, 则会将选定内容作为缺省值保存到您的 .er.rc 文件中。

"CPUs" (CPU) 标签显示运行实验的 CPU 及相关度量的列表。CPU 使用 CPU 号表示，缺省情况下显示时钟分析实验的用户 CPU 时间。如果装入的实验中存在其他度量，则缺省情况下还会显示这些度量。如果在 "Set Data Presentation" (设置数据显示) 对话框中选择了其他度量，则还将显示这些度量。

可以使用单选按钮来显示类型："Text" (文本) 或 "Graphical" (图形)。缺省情况下以 "Text" (文本) 模式显示，显示内容与 "Function" (函数) 标签类似。这些值反映了所装入实验中在每个 CPU 上记录的度量的值或百分比。

"Graphical" (图形) 显示模式将显示各个 CPU 相关值的条形图，每个度量用一个单独直方图表示。直方图按照在 "Text" (文本) 显示模式下使用的数据排序度量进行排序。

可以右键单击来添加上下文过滤器，过滤在此标签和其他分析器标签中显示的数据。

"Seconds" (秒) 标签

"Seconds" (秒) 标签是一种索引对象标签，缺省情况下不显示。可以在 "Set Data Presentation" (设置数据显示) 对话框的 "Tab" (标签) 标签中选择该标签。如果在此对话框中单击 "Save" (保存) 按钮，则会将选定内容作为缺省值保存到您的 .er.rc 文件中。

"Seconds" (秒) 标签显示在实验中捕获的每秒程序运行情况，以及在那一秒内收集的度量。"Seconds" (秒) 与 "Samples" (样本) 的不同之处在于，前者为定期采样，从 0 开始每一秒都进行采样，而且无法更改间隔。"Seconds" (秒) 标签在缺省情况下列出时钟分析实验的执行秒数及用户 CPU 时间。如果装入的实验中存在其他度量，则还会显示这些度量。

可以使用单选按钮来显示类型："Text" (文本) 或 "Graphical" (图形)。缺省情况下以 "Text" (文本) 模式显示，显示内容与 "Function" (函数) 标签类似。度量值反映了装入的实验中在每秒记录的微状态。

"Graphical" (图形) 显示模式将显示每秒的相关值的条形图，每个度量用一个单独直方图表示。直方图按照在 "Text" (文本) 显示模式下使用的数据排序度量进行排序。

可以右键单击来添加上下文过滤器，过滤在此标签和其他分析器标签中显示的数据。

"Processes" (进程) 标签

"Processes" (进程) 标签是一种索引对象标签，缺省情况下不显示。可以在 "Set Data Presentation" (设置数据显示) 对话框的 "Tab" (标签) 标签中选择该标签。如果在此对话框中单击 "Save" (保存) 按钮，则会将选定内容作为缺省值保存到您的 .er.rc 文件中。

"Processes" (进程) 标签显示目标程序运行的进程及相关度量的列表。进程按 PID 列出，缺省情况下显示时钟分析实验的用户 CPU 时间。如果装入的实验中存在其他度量，则缺省情况下还会显示这些度量。如果在 "Set Data Presentation" (设置数据显示) 对话框中选择了其他度量，则还将显示这些度量。

使用 "Processes" (进程) 标签可以查找使用最多资源的进程。如果存在您希望使用其他标签隔离或浏览的特定进程集, 则可以使用上下文菜单中提供的过滤器来过滤出其他进程。

可以使用单选按钮来显示类型: "Text" (文本) 或 "Graphical" (图形)。缺省情况下以 "Text" (文本) 模式显示, 显示内容与 "Function" (函数) 标签类似。这些值反映了所装入实验中在每个进程上记录的度量的值或百分比。

"Graphical" (图形) 显示模式将显示各个 PID 相关值的条形图, 每个度量用一个单独直方图表示。直方图按照在 "Text" (文本) 显示模式下使用的数据排序度量进行排序。

"Experiment IDs" (实验 ID) 标签

"Experiment IDs" (实验 ID) 标签是一种索引对象标签, 缺省情况下不显示。可以在 "Set Data Presentation" (设置数据显示) 对话框的 "Tab" (标签) 标签中选择该标签。如果在此对话框中单击 "Save" (保存) 按钮, 则会将选定内容作为缺省值保存到您的 .er.rc 文件中。

"Experiment IDs" (实验 ID) 标签显示装入的实验及关联度量的列表。使用上下文菜单中提供的过滤器可以过滤出其他实验。

可以使用单选按钮来显示类型: "Text" (文本) 或 "Graphical" (图形)。缺省情况下以 "Text" (文本) 模式显示, 显示内容与 "Function" (函数) 标签类似。这些值反映了所装入实验中在每个进程上记录的度量的值或百分比。

"Graphical" (图形) 显示模式将显示各个 PID 相关值的条形图, 每个度量用一个单独直方图表示。直方图按照在 "Text" (文本) 显示模式下使用的数据排序度量进行排序。

"MemoryObjects" (内存对象) 标签

每个“内存对象”标签显示归属于各种内存对象 (例如页) 的数据空间度量的度量值。如果一个或多个装入的实验包含数据空间分析, 您可以在“设置数据表示”对话框的“标签”标签中选择要显示其标签的内存对象。可以显示任意数量的“内存对象”标签。

有多种预定义的 "MemoryObjects" (内存对象) 标签。为虚拟页面和物理页面预定义了内存对象, 名称包括 Vpage_8K、Ppage_8K、Vpage_64K 等等。您可以定义定制的内存对象, 方法是在“设置数据表示”对话框中单击“添加定制对象”按钮, 以打开“添加内存对象”对话框。您也可以使用 .er.rc 文件中的 `obj_define` 指令来定义内存对象 (请参见第 123 页中的“`obj_define obj_type index_exp`”)。

使用每个“内存对象”标签上的单选按钮, 可以选择“文本”显示或“图形”显示。“文本”显示类似于“数据对象”标签中的显示, 并且使用同样的度量设置。“图形”显示以图形的形式显示每个内存对象的相关值, 每个度量用一个单独的直方图表示, 按数据排序度量排序。

右侧窗格中的标签

右侧窗格中包含 "Summary" (摘要) 标签、"Timeline Details" (时间线详细信息) 标签、"Thread Chart Controls" (线程图表控件) 标签、"MPI Timeline Controls" (MPI 时间线控件) 标签、"MPI Chart Controls" (MPI 图表控件) 标签、"Race Detail" (争用详细信息) 标签、"Deadlock Detail" (死锁详细信息) 标签以及 "Leak" (泄露) 标签。缺省情况下显示 "摘要" 标签。

"MPI Timeline Controls" (MPI 时间线控件) 标签

"MPI 时间线控件" 标签支持对 "MPI 时间线" 标签进行缩放、平移、事件移步和过滤。它包括一个可调整 "MPI 时间线" 标签上显示的 MPI 消息百分比的控件。

通过过滤，可使得当前视图字段以外的数据不再出现在 "MPI 时间线" 标签和 "MPI 图表" 标签中显示的数据集中。单击 "过滤器" 按钮可应用过滤器。反向过滤器按钮用来撤消上一个过滤器；正向过滤器按钮用来重新应用一个过滤器。"MPI 时间线" 标签和 "MPI 图表" 标签间可共享过滤器，但目前尚不适用于其他标签。

可以调整消息滑块来控制显示消息的百分比。选择小于 100% 时，成本最高的消息具有优先权。“成本”定义为消息的发送和接收功能所用的时间。

"MPI 时间线控件" 标签也可用于显示 "MPI 时间线" 标签的功能或消息选项的详细信息。

"MPI 图表控件" 标签

"MPI 图表控件" 标签具有一组下拉式列表，可用于控制图表的类型、X 和 Y 轴参数以及用于聚集数据的度量和运算符。单击 "重画" 将可绘制一个新图形。

通过过滤，可使得当前视图字段以外的数据不再出现在 "MPI 时间线" 标签和 "MPI 图表" 标签中显示的数据集中。单击 "过滤器" 按钮可应用过滤器。反向过滤器按钮用来撤消上一个过滤器；正向过滤器按钮用来重新应用一个过滤器。

"MPI 图表控件" 标签也可用于显示 "MPI 图表" 标签中选项的详细信息。

"Summary" (摘要) 标签

"摘要" 标签同时以值和百分比的形式显示所选函数或装入对象的所有记录的度量，此外还显示所选函数或装入对象的信息。无论何时在任何标签中选择了新的函数或装入对象，都将更新 "摘要" 标签。

"Timeline Details" (时间线详细信息) 标签

"Timeline Details" (时间线详细信息) 标签显示在 "Timeline" (时间线) 标签中选择的事件的详细数据，包括事件类型、叶函数、LWP ID、线程 ID 以及 CPU ID。调用堆栈显示在数据面板下。调用堆栈中每一帧的程序计数器 (PC) 显示一个函数以及偏移。为事件标记中的函数所使用的颜色编码显示在 PC 的左侧。在调用堆栈中单击一个函

数，使它成为选中的函数，该函数同时也会在主分析器标签（例如 "Function"（函数）标签）中选中。在调用堆栈中双击某个函数可以打开 "Function Color Chooser"（函数颜色选择器），使用该选择器可以更改函数在时间线中使用的颜色。

在 "Timeline"（时间线）标签的 "Samples"（样本）栏中选中某个样本时，"Timeline Details"（时间线详细信息）标签将显示样本编号、采样的开始时间和结束时间、微状态以及在每个微状态中所花费的时间和彩色编码。

"Thread Chart Controls"（线程图表控件）标签

在 "Threads"（线程）标签中选择 "Chart"（图表）显示时将显示 "Thread Chart Controls"（线程图表控件）标签。

缺省情况下将显示负载不平衡图，这有助于检测使用了较多 CPU 时间的线程。要查看其他类型的图表，请在右侧的 "Thread Chart Controls"（线程图表控件）标签上选择 "Chart Name"（图表名称），然后单击 "Redraw"（重画）。

负载不平衡图显示由于不均衡的线程负载而造成的实际时间损失，以秒和百分比为单位表示，显示在 "Details"（详细信息）区域中。如果线程能实现完美平衡，则将会带来与这些值接近的性能提升。将由高负载的线程所执行的任务分解为较短的任务，并在可用线程之间分配，可以实现更好的负载平衡。

使用 "Thread Chart Controls"（线程图表控件）标签时，在导航栏中单击 "Up"（向上）和 "Down"（向下）按钮，可以在图表中的线程之间导航。选择某个线程时，度量信息将显示在 "Thread Chart Controls"（线程图表控件）标签的 "Details"（详细信息）区域中。

在导航栏中单击 "Center"（中心）按钮，可以在 "Details"（详细信息）区域重新显示负载不平衡的度量。

锁定争用图显示在所有线程上同步等待时间的分布，这可以帮助查看由于线程之间的同步而损失的时间，以及哪些线程损失的时间更多。

"Leak"（泄漏）标签

"泄漏"标签显示"泄漏列表"标签中所选的泄漏或分配的详细数据。在数据面板的下方，"泄漏"标签显示检测到所选的泄漏或分配时的调用堆栈。单击调用堆栈中的函数将选中该函数。

"争用详细信息"标签

"争用详细信息"标签显示"争用"标签中所选数据争用的详细数据。有关更多信息，请参见《Oracle Solaris Studio 12.3：线程分析器用户指南》。

"死锁详细信息"标签

"死锁详细信息"标签显示"死锁"标签中所选的死锁的详细数据。有关更多信息，请参见《Oracle Solaris Studio 12.3：线程分析器用户指南》。

设置数据表示选项

您可以通过“设置数据表示”对话框控制数据的表示。要打开此对话框，请单击工具栏中的“设置数据表示”按钮或选择“视图”→“设置数据表示”。

“设置数据表示”对话框具有一个包含多个标签的窗格，这些标签如下所示：

- 度量
- 排序
- 源/反汇编
- 格式
- 时间线
- 搜索路径
- 路径映射
- 标签

此对话框中的“确定”按钮应用对当前会话所做的更改并关闭对话框。“应用”按钮应用对当前会话的更改，但保持对话框开启状态以便进行更多更改。

使用“Save”（保存）按钮可以将当前设置（包括显示的标签以及任意定制的内存对象）存储到您的起始目录或当前工作目录中的 .er.rc 文件。保存设置会导致所做更改既应用到将来的分析器会话中又应用到当前会话中。

注 - .er.rc 文件为分析器、er_print 实用程序和 er_src 实用程序提供缺省设置。保存“设置数据首选项”对话框中的更改时，这些更改将更新对这三款实用程序的输出都有影响的 .er.rc 文件。有关 .er.rc 文件的更多信息，请参见第 105 页中的“分析器缺省设置”。

"Metrics"（度量）标签

使用“Metrics”（度量）标签可以选择在大多数分析器标签（包括“Function”（函数）、“Callers-Callees”（调用方-被调用方）、“Source”（源）、“Disassembly”（反汇编）等等）中显示的度量。一些度量可以根据您的选择以时间或百分比显示，而另一些则显示为值。度量列表包括装入的任意实验中可用的所有度量。

每种度量都提供了“Time”（时间）和“Percentage”（百分比）复选框，或者“Value”（值）复选框。选中希望分析器显示的度量类型的复选框。如果希望选中或取消选中特定列中的所有度量，请选中对话框底部一行中的复选框，然后单击“Apply to all metrics”（应用于全部度量）按钮。

注 - 只能选择显示独占度量和非独占度量。如果显示了独占度量或非独占度量，则归属度量始终显示在“Call Tree”（调用树）标签中。

"Sort" (排序) 标签

“排序”标签显示所显示的度量的顺序以及度量的排序依据选项。双击用于排序的度量，然后使用“Move Up”（上移）和“Move Down”（下移）按钮来更改度量的顺序。此处所做的选择决定了分析器数据标签中度量的缺省表示形式。查看数据标签时，可以单击希望作为排序依据的度量的列标题来更改排序顺序。可以通过拖动列标题来更改度量列的顺序。

"Source/Disassembly" (源/反汇编) 标签

“Source/Disassembly”（源/反汇编）标签提供了复选框列表，使用这些复选框可以选择显示的信息，如下所示：

- “Source”（源）和“Disassembly”（反汇编）标签中显示的编译器注释。
- 在“Source”（源）和“Disassembly”（反汇编）标签中突出显示重要行的阈值。
突出显示阈值是归属于显示源代码或反汇编代码的文件中任意行的最大度量值百分比。阈值独立应用到各个度量。
- “Disassembly”（反汇编）标签中显示的源代码。
如果在“Disassembly”（反汇编）标签中显示源代码，则还将显示编译器注释。
- “Disassembly”（反汇编）标签中的源代码行上的度量。
如果显示反汇编代码列表中源代码行的度量，则“Find”（查找）工具将在源代码行和反汇编代码行上查找高度量项目。如果希望将搜索限制为反汇编代码行上的高度量项目，则取消选中“Metrics for Source Lines”（源代码行的度量）复选框。
- “Disassembly”（反汇编）标签中十六进制形式的指令显示。

"Formats" (格式) 标签

“格式”标签提供 C++ 函数名称和 Java 方法名称的长名形式、短名形式或改编名称形式选项。改编函数名称是编译器生成的名称，在使用编译器优化时创建，并且在使用函数名称的长形式或短形式时由分析器“取消改编”。

如果选中“将 SO 名称附加到函数名称”复选框，则函数或方法所在的共享对象的名称将会附加到函数名称或方法名称。

如果选择了“Compare Experiments”（比较实验）选项，则在装入多个实验时，各实验的数据将显示在单独的列中。缺省情况下，装入多个实验时将聚集数据。有关更多信息，请参见第 106 页中的“比较实验”。

“Formats”（格式）标签还提供了“User”（用户）、“Expert”（专家）或“Machine”（计算机）查看模式选项，可用于设置查看实验的缺省模式。使用工具栏中的“View Mode”（查看模式）列表可以切换当前视图。“View Mode”（查看模式）设置仅控制 Java 实验和 OpenMP 实验的视图。

对于 Java 实验：

- "User" (用户) 查看模式按名称显示每个方法，将已解释的方法和 HotSpot 编译的方法的数据聚集在一起；它还隐藏非用户 Java 线程的数据。
- "Expert" (专家) 查看模式将 HotSpot 编译的方法与已解释的方法分开，且显示非用户 Java 线程。
- "Machine" (计算机) 查看模式在进行解释时根据 JVM 计算机显示已解释的 Java 方法的数据，并对指定的方法报告使用 Java HotSpot 虚拟机编译的方法的数据。显示所有线程。

有关 Java 实验查看模式的详细说明，请参见第 155 页中的“Java 分析视图模式”。

对于 OpenMP 实验：

- "User" (用户) 查看模式按照从主线程克隆而来的方式显示从属线程，并且显示与主线程中相匹配的调用堆栈。隐藏来自 OpenMP 运行时代码 (libmstk.so) 的调用堆栈中的帧。在 OpenMP 运行时执行某些操作时，显示名称格式为 <<OMP-*> 的特殊函数。
- "Expert" (专家) 查看模式按不同的方式显示主线程和从属线程，并显示由编译器生成的函数。隐藏来自 libmstk.so 的调用堆栈中的帧。
- "Machine" (计算机) 查看模式显示所有线程和编译器生成的外联函数的本机调用堆栈。

有关 OpenMP 实验查看模式的详细说明，请参见第 157 页中的“OpenMP 软件执行概述”。

对于所有其他实验，所有三种模式显示同样的数据。

"Timeline" (时间线) 标签

"Set Data Presentation" (设置数据显示) 对话框的 "Timeline" (时间线) 标签提供了各种选项，可用于选择在主分析器面板的 "Timeline" (时间线) 标签中显示的信息。可以选择显示的事件特定数据的类型、显示线程、LWP、CPU 或实验的事件特定数据、调用堆栈表示在根或叶的对齐方式以及显示的调用堆栈的级别数。您还可以选择事件频率图和事件状态图，如第 88 页中的““Timeline” (时间线) 标签”中所述。

有关 "Timeline" (时间线) 标签的更多信息，可单击 "Set Data Presentation" (设置数据显示) 对话框中的 "Help" (帮助) 按钮。

"Search Path" (搜索路径) 标签

"Search Path" (搜索路径) 标签设置用于查找所装入实验的关联源代码文件和对象文件的路径，以便在 "Source" (源) 和 "Disassembly" (反汇编) 标签中显示带注释的源代码数据。搜索路径还可用于在系统上查找 Java 运行时环境的 .jar 文件。特殊目录名称 \$expts 按照装入实验的顺序引用当前实验集。搜索 \$expts 时，只查找创建者实验，不检查任何子孙实验。

缺省情况下，搜索路径设置为 `$expts` 和 `.`（当前目录）。可以通过键入路径或浏览路径，然后单击 "Append"（附加）来添加其他路径。要编辑列表中的路径，请选择一个路径，在 "Paths"（路径）字段中进行编辑，然后单击 "Update"（更新）。要更改搜索顺序，请在列表中选择路径，然后单击 "Move Up/Move Down"（上移/下移）按钮。

有关搜索路径使用方法的更多信息，请参见第 173 页中的“工具如何查找源代码”。

"Pathmaps"（路径映射）标签

使用 "Pathmaps"（路径映射）标签可以将文件路径的开头部分从一个位置映射到另一个位置，以便帮助分析器查找源文件。对于已从记录的原始位置移动或者从网络上其他计算机中使用不同的文件路径查看的实验，路径映射非常有用。在找到源文件时，分析器会在 "Source"（源）和 "Disassembly"（反汇编）标签中显示带注释的数据。

例如，如果实验包含指定为 `/a/b/c/d/sourcefile` 的路径，而 `sourcefile` 现在位于 `/x`，则可以使用 "Pathmaps"（路径映射）标签将 `/a/b/c/d/` 映射到 `/x/`。可以指定多个路径映射，这样将依次尝试每个路径映射以查找文件。

有关路径映射使用方法的更多信息，请参见第 173 页中的“工具如何查找源代码”。

"Tab"（标签）标签

您可以使用“设置数据表示”对话框的“标签”标签来选择要在分析器窗口中显示的标签。如果在此对话框中单击 "Save"（保存）按钮，则会将选定内容作为缺省值保存到您的 `.er.rc` 文件中。

“标签”标签列出适用于当前实验的标签。标准标签列在左边的列中。"Index Objects"（索引对象）标签在中间的列中列出，而定义的 "Memory Objects"（内存对象）标签在右边的列中列出。

在左边的列中，单击复选框可以选择或取消选择显示标准标签。

在中间的列中，单击复选框可以选择或取消选择显示 "Index Objects"（索引对象）标签。预定义的 "Index Objects"（索引对象）标签为 "Threads"（线程）、"Cpus"（Cpu）、"Samples"（样本）和 "Seconds"（秒）。要添加其他索引对象的标签，请单击“添加定制索引标签”按钮以打开“添加索引对象”对话框。在“对象名称”文本框中，键入新对象的名称。在“公式”文本框中，键入用来将记录的物理地址或虚拟地址映射到对象索引的索引表达式。有关索引表达式规则的信息，请参见第 124 页中的“`indxobj_define indxobj_type index_exp`”。

在右边的列中，单击复选框可以选择或取消选择显示“内存对象”标签。如果实验包含硬件计数器溢出分析数据，则这些标签具有数据。内存对象表示内存子系统组件，如高速缓存行、页面和内存区。为虚拟页面和物理页面预定义了内存对象，其大小为 8KB、64KB、512KB 和 4MB。要添加定制对象，请单击“添加定制对象”按钮以打开“添加内存对象”对话框。在“对象名称”文本框中，键入新定制内存对象的名称。在“公式”文本框中，键入用来将记录的物理地址或虚拟地址映射到对象索引的索引表达式。有关索引表达式规则的信息，请参见第 123 页中的“`mobj_define mobj_type index_exp`”。

添加定制索引对象或内存对象后，将会向“标签”标签中添加该对象的复选框，缺省情况下，该复选框是选中的。

查找文本和数据

分析器工具栏包含“Find”（查找）工具，具有两个用于搜索在下拉列表中指定的目标的选项。您可以在“Function”（函数）标签或“Callers-Callees”（调用方-被调用方）标签的“Name”（名称）列以及“Source”（源）标签、“Disassembly”（反汇编）标签和“Source/Disassembly”（源/反汇编）标签的“Code”（代码）列中搜索文本。

在“Source”（源）标签、“Disassembly”（反汇编）标签和“Source/Disassembly”（源/反汇编）标签中，还可以从“Find”（查找）下拉列表中选择“High-Metric”（高度量），然后使用“Next”（下一个）或“Previous”（上一个）按钮来搜索高度量项目的行上的度量值以黄色突出显示。

显示或隐藏函数

缺省情况下，“函数”标签和“调用方与被调用方”标签中显示每个装入对象中的所有函数。可以使用“Show/Hide/API-only Functions”（显示/隐藏/仅 API 函数）对话框来隐藏装入对象中的所有函数，或仅显示表示装入对象中 API 的函数；有关更多信息，请参见分析器帮助。

隐藏装入对象中的函数时，“函数”标签和“调用方与被调用方”标签显示表示来自装入对象中的所有函数的聚集的单个条目。同样，“行”标签和“PC”标签也显示聚集了装入对象所有函数中 PC 的单个条目。

仅显示装入对象中的 API 函数时，会仅显示表示库中调用的函数，这些函数下面的所有调用（包括回调）都不会显示，无论是在该装入对象中还是在其他装入对象中都是如此。“调用方与被调用方”标签将永不显示此类函数的被调用方。

可以在 `.er.rc` 文件中使用命令对装入对象的设置进行预设。

同过滤相比，与隐藏的函数对应的度量仍在所有显示中以某种形式表示。

过滤数据

性能分析器提供了多种过滤数据的方法，使您可以将重点放在程序中感兴趣的区域上。在进行过滤时，需要为要查看的数据指定标准。应用过滤器之后，不满足标准的数据将从所有支持过滤的分析器标签的视图中删除。

在性能分析器中首次打开实验时，可以查看所有装入的实验中所有函数的数据、各个实验的所有线程和 CPU 以及实验涵盖的完整时间段。

可以按以下条件过滤：

- 实验—在当前装入的实验中选择要查看度量的实验
- 线程—选择从特定线程 ID 收集的数据
- CPU—选择从特定 CPU ID 收集的数据
- 样本—选择在特定采样点收集的数据
- 调用堆栈—选择从包含特定函数的调用堆栈收集的数据
- 调用树分支—选择从来自调用树特定分支的调用堆栈收集的数据
- 时间范围—选择在特定时间范围内收集的数据
- 标签—选择由标识特定时段的标签指定的数据

可以从多个位置过滤：

- 在数据标签（例如 "Function"（函数）、"Callers-Callees"（调用方-被调用方）和 "Timeline"（时间线））中，右键单击标签中的数据（例如函数名称），从弹出菜单中选择预定义的过滤器。这种过滤器称为上下文过滤器。
- 使用 "Manage Filters"（管理过滤器）对话框的 "Experiments"（实验）和 "General"（常规）标签可以选择要显示相应数据的实验、线程、CPU 或样本。
- 使用 "Manage Filters"（管理过滤器）对话框的 "Custom"（定制）标签可以编辑过滤器表达式，以便创建用于精确定义要显示的数据的定制过滤器。

设置过滤器时，将过滤所有分析器标签中的数据。可以将各个过滤器结合使用，显示非常具有针对性的程序运行区域的度量。

注—此处所述的过滤器不同于第 95 页中的““MPI Timeline Controls”（MPI 时间线控件）标签”和第 95 页中的““MPI 图表控件”标签”中所述的 MPI 过滤。这些过滤器不会影响“MPI 时间线”标签和“MPI 图表”标签。

使用上下文过滤器

上下文过滤器是特定于上下文的过滤器，可在性能分析器的多个数据标签中使用。单击鼠标右键或者在键盘上按 Shift-F10 可访问上下文过滤器。选择上下文过滤器时，将立即过滤数据。

通常可以在标签中选择一项或多项您希望重点关注的内容，右键单击鼠标，然后选择合适的上下文过滤器即可使用。对于大多数数据标签，使用过滤器可以包括或排除满足在过滤器中指定的标准的数据。这样，您便可以使用过滤器，将重点放在程序特定区域中的数据，或者排除特定区域的数据。

一些使用上下文过滤器的方法包括：

- 添加多个过滤器来缩小数据的范围。过滤器按照逻辑 AND 的关系进行组合，这种逻辑关系要求数据与所有过滤器匹配。
- 在一个标签上添加过滤器，然后在另一个标签上查看过滤后的数据。例如，在 "Call Tree"（调用树）标签中，可以查找最热门的分支，然后选择 "Add Filter: Include only stacks from selected branch"（添加过滤器：仅包括所选分支的堆栈），然后转到 "Function"（函数）标签即可查看在该代码分支中调用的函数的度量。
- 从多个标签添加多个过滤器可以创建非常具有针对性的数据集。
- 以上下文过滤器为基础来创建定制过滤器。请参见...

管理过滤器

使用 "Manage Filters"（管理过滤器）对话框可以对实验、线程、CPU 和样本执行简单的过滤。此过滤可以与上下文过滤器一起使用。

可以使用多种方式访问 "Manage Filters"（管理过滤器）对话框：

- 选择 "View"（查看）⇒ "Manage Filters"（管理过滤器）
- 在工具栏中单击 "Manage Filters"（管理过滤器）按钮
- 在数据标签（例如 "Function"（函数）标签）中右键单击，然后从上下文菜单中选择 "Manage Filters"（管理过滤器）
- 在 "Experiments"（实验）标签中右键单击，然后选择 "Filter Experiments"（过滤器实验）

使用 "Manage Filters"（管理过滤器）对话框可以进行常规过滤，以便选择显示来自特定实验、采样点、线程和 CPU 的数据。结合使用 "Experiments"（实验）标签和 "General"（常规）标签指定要显示数据的项。对于在 "Experiments"（实验）和 "General"（常规）标签中所做的选择，将使用逻辑 AND（&&& 运算符）结合进行过滤。只有与在这些标签中做出的所有选择匹配的数据才会包括在数据标签中。

分析器帮助中提供了使用 "Manage Filters"（管理过滤器）对话框的说明。

该对话框还提供了可用于定制过滤器的 "Custom"（定制）标签。有关更多信息，请参见下文。

使用定制过滤器

使用 "Custom"（定制）标签可以键入自己的过滤器表达式，或者编辑以前应用过的过滤器来创建定制过滤器。"Custom"（定制）标签中的过滤器独立于通过 "Manage Filters"（管理过滤器）对话框的 "Experiments"（实验）标签和 "General"（常规）标签应用的过滤器。

在性能分析器数据标签中选择上下文过滤器时，将生成过滤器表达式，并且会立即应用来过滤数据。生成的过滤器表达式也可添加到 "Custom"（定制）标签的文本框中，在其中可以使用这些表达式作为基础来创建定制过滤器。

可以编辑过滤器，使用 "Filter Specification"（过滤器规范）面板上方的箭头按钮来撤消和重做所进行的编辑。您也可以采用与文本编辑器中相同的方法，按 `Ctrl-Z` 进行撤消，按 `Shift-Ctrl-Z` 进行重做。

过滤器表达式使用标准的 C 关系运算符（`==`、`>=`、`&&&&`、`||` 等等）以及实验特定的关键字。要查看在分析器中打开的实验中可用的关键字，请单击 "Custom"（定制）标签中的 "Show Keywords"（显示关键字）按钮。

过滤器表达式语法与 `er_print` 中使用的过滤语法相同。有关过滤器表达式的信息，请参见第 137 页中的“表达式语法”。

在单击 "OK"（确定）或 "Apply"（应用）之前，编辑后的过滤器不会影响数据标签。如果单击 "Apply"（应用），则 "Custom"（定制）标签仍保持打开状态。如果在分析器数据标签中选择了上下文过滤器，则对于根据您的选定内容生成的过滤器表达式，当它们添加到 "Filter Specification"（过滤器规范）文本框中后，您可以查看这些过滤器表达式。每个新的过滤器放在一个新行中，以 `&&&&`（逻辑“与”运算符）开头。要显示实验数据，这些数据必须与第一个过滤器匹配、并且与第二个过滤器匹配、并且与第三个过滤器匹配，等等。如果希望数据匹配第一个过滤器或第二个过滤器，则可以将 `&&&&` 更改为 `||`。

您还可以在 "Custom"（定制）标签中使用标签进行过滤，如下文中所述。

使用标签进行过滤

标签是分配给实验的一部分的名称。使用 `er_label` 命令，您可以将标签名分配给实验中的一段时间，而标签将保存在实验中。通过 `er_print` 命令或性能分析器，您可以使用标签来过滤实验数据，以便包含或排除在所标记时段内收集的数据。

有关如何使用 `er_label` 实用程序创建标签的信息，请参见第 192 页中的“标记实验”。

在性能分析器中，可以在 "Manage Filters"（管理过滤器）对话框的 "Custom"（定制）标签中过滤所标记时段的数据。在 "Filter Specification"（过滤器规范）面板中键入标签名称，然后单击 "Apply"（应用）来过滤标签所指定的数据。由于标签用作通过 `TSTAMP` 关键字使用数值进行比较的过滤表达式的昵称，您无需进行任何数值比较。在 "Custom"（定制）标签中，将标签添加到单独的行中并且在前面放置 `&&&&`，可以将标签与其他过滤器结合使用。

在 "Custom"（定制）标签中单击 "Show Keywords"（显示关键字）按钮，可查看是否在为性能分析器中打开的实验分配了标签。您也可以使用 `er_print -describe` 命令查看相同的信息。标签在显示内容中将首先列出，并且包含实际过滤器表达式，该表达式带有由标签实施的 `TSTAMP` 关键字。

应用标签过滤器之后，可以单击“Timeline”（时间线）标签以便查看按标签定义的间隔删除的数据。其他支持过滤的标签上也会对数据进行过滤。

从分析器记录实验

使用目标名称和目标参数调用分析器时，分析器将启动并打开“Oracle Solaris Studio 性能收集”窗口，利用该窗口，可以在指定的目标上记录实验。如果调用分析器时没有指定参数或指定了实验列表，您可以通过选择“文件”→“收集实验”打开“收集”窗口以记录新的实验。

“收集”窗口的“收集实验”标签有一个面板，您可以使用该面板指定目标、其参数以及用于运行实验的各种参数。面板中的选项对应于 `collect` 命令中提供的选项，如第 3 章，[收集性能数据](#)中所述。

紧靠面板下方是一个“预览命令”按钮和一个文本字段。单击该按钮时，将在文本字段中填入单击“运行”按钮时使用的 `collect` 命令。

在“要收集的数据”标签中，您可以选择要收集的数据的类型。

“输入/输出”标签有两个面板：一个接收收集器自身的输出，另一个用于接收进程的输出。

利用一组按钮，可以执行以下操作：

- 运行实验
- 终止运行
- 在运行过程中向进程发送“暂停”、“恢复”和“样本”信号（在指定了相应的信号时启用）
- 关闭窗口

如果关闭窗口时有实验正在运行，该实验将继续运行。重新打开窗口时，将显示运行中的实验，就像在运行过程中它一直保持打开一样。如果尝试退出分析器时有实验正在运行，则会打开一个对话框，询问是终止运行还是允许继续运行。

分析器缺省设置

分析器中的缺省设置通过 `.er.rc` 缺省文件进行控制。分析器按以下顺序处理来自数个文件的指令：

- 位于所安装 Oracle Solaris Studio 软件的 `lib` 目录中的 `er.rc` 文件。例如，在缺省的 Oracle Solaris 安装中，该文件位于 `/opt/solarisstudio12.3/lib/.er.rc` 中。
- 起始目录中的 `.er.rc` 文件（如果该文件存在）
- 当前目录中的 `.er.rc` 文件（如果该文件存在）

某些设置是从所有 `.er.rc` 文件累积产生的，包括 `pathmap` 和 `addpath`。对于其他设置，最后一个读取的 `.er.rc` 文件优先。当前目录中的 `.er.rc` 设置优先于起始目录中的 `.er.rc` 设置，后者又优先于该文件的系统范围版本中的 `.er.rc` 设置。

保存性能分析器设置

在性能分析器中，可以通过在 "Set Data Presentation"（设置数据显示）对话框中单击 "Save"（保存）按钮来创建和更新 `.er.rc` 文件，您可以从 "View"（视图）菜单打开该对话框。通过 "Set Data Presentation"（设置数据显示）对话框保存设置后，不仅会影响后续的分析器调用，还会影响 `er_print` 实用程序和 `er_src` 实用程序，因为这些实用程序都使用 `.er.rc` 文件来确定缺省设置。

.er.rc 文件中的设置

`.er.rc` 文件所包含设置可以执行以下操作：

- 指定在将实验装入分析器时哪些标签可见。“分析器”标签名称与相应报告的 `er_print` 命令相匹配（“实验”标签和“时间线”标签除外）。
- 定制“内存对象”和“索引对象”的定义。
- 缺省度量设置，用于排序并用于指定编译器注释选项。
- 在源和反编译输出中高亮显示度量的阈值。
- “时间线”标签、名称格式以及“视图”模式的缺省设置。
- 指定源文件和对象文件的搜索路径或路径映射。
- 显示和隐藏装入对象中的函数。
- 指定读取初始实验时是否装入后续实验。`en_desc` 设置可以为 `on`、`off` 或 `=regex`，分别用来指定读取并装入所有后续实验、不读取或装入任何后续实验或读取并装入其沿袭或可执行文件名与给定的正则表达式匹配的后续实验。缺省情况下 `en_desc` 为 `on`，这样将装入所有后续实验。

有关可以在 `.er.rc` 文件中使用的命令的详细信息，请参见第 133 页中的“设置缺省值的命令”和第 135 页中的“仅为性能分析器设置缺省值的命令”。

比较实验

可以在分析器中同时装入多个实验或实验组。缺省情况下，在装入同一个可执行文件上的多个实验时，数据将聚集并呈现为好像其为一个实验。同时还可以分别查看数据，从而比较实验中的数据。

要比较分析器中的两个实验，可以以常规方式打开第一个实验，然后选择“文件”>“添加实验”装入第二个实验。要比较它们，请在支持比较的标签中右键单击并选择 "Enable Comparison"（启用比较）模式。

支持比较试验功能的选项卡有“函数”、“调用方-被调用方”、“源”、“反汇编”、“行”和“PC”。在比较模式下，实验或组中的数据在这些标签上以相邻列显示。这些列按装入实验或组的顺序显示，同时带有一个给出实验或组名称的附加标题行。

缺省情况下启用比较模式

缺省情况下，可以通过在 `.er.rc` 文件中设置 `compare on` 来启用比较模式。或者，可以在分析器的“设置数据显示”对话框中启用比较模式，方法是在“格式”标签中选择“比较实验”选项。要使此项成为缺省值，请单击“Save”（保存）按钮，将 `compare on` 添加到您的 `.er.rc` 文件中。

此外，还可以使用 `er_print compare` 命令比较实验。有关更多信息，请参见第 132 页中的“`compare { on | off }`”。

er_print 命令行性能分析工具

本章介绍如何使用 `er_print` 实用程序进行性能分析。`er_print` 实用程序列显性能分析器支持的各种显示的 ASCII 版本。除非将信息重定向到某个文件，否则这些信息将写入标准输出。必须为 `er_print` 实用程序提供由收集器生成的一个或多个实验或实验组的名称作为参数。

`er_print` 实用程序仅适用于已使用 Sun Studio 12 Update 1、Oracle Solaris Studio 12.2 和此发行版（即 Oracle Solaris Studio 12.3）记录的实验。如果使用通过任何其他版本记录的实验，将会报告错误。如果具有较旧版本的实验，则必须使用记录实验时所用发行版中的 `er_print` 版本。

可以使用 `er_print` 实用程序显示函数以及调用方和被调用方的性能度量、源代码列表和反汇编代码列表、抽样信息、数据空间数据、线程分析数据以及执行统计数据。

在多个实验或实验组上调用时，缺省情况下，`er_print` 将聚集实验数据，但也可用于对实验进行比较。有关更多信息，请参见第 132 页中的“`compare { on | off }`”。

本章包含以下主题。

- 第 110 页中的“`er_print` 语法”
- 第 111 页中的“度量列表”
- 第 114 页中的“控制函数列表的命令”
- 第 116 页中的“控制调用方-被调用方列表的命令”
- 第 117 页中的“控制调用树列表的命令”
- 第 117 页中的“控制泄漏和分配列表的命令”
- 第 118 页中的“控制源代码和反汇编代码列表的命令”
- 第 121 页中的“控制源文件搜索的命令”
- 第 122 页中的“控制硬件计数器数据空间和内存对象列表的命令”
- 第 124 页中的“控制索引对象列表的命令”
- 第 125 页中的“用于 OpenMP 索引对象的命令”
- 第 125 页中的“支持线程分析器的命令”
- 第 126 页中的“列出实验、抽样、线程和 LWP 的命令”
- 第 127 页中的“控制实验数据过滤的命令”

- 第 128 页中的“控制装入对象展开和折叠的命令”
- 第 130 页中的“列出度量的命令”
- 第 131 页中的“控制输出的命令”
- 第 132 页中的“列显其他信息的命令”
- 第 133 页中的“设置缺省值的命令”
- 第 135 页中的“仅为性能分析器设置缺省值的命令”
- 第 136 页中的“杂项命令”
- 第 137 页中的“表达式语法”
- 第 140 页中的“er_print 命令示例”

有关收集器所收集的数据的说明，请参见第 2 章，性能数据。

有关如何使用性能分析器以图形格式显示信息的说明，请参见第 4 章，性能分析器工具和联机帮助。

er_print 语法

er_print 实用程序的命令行语法如下：

```
er_print [ -script script | -command | - | -V ] experiment-list
```

er_print 实用程序的选项如下：

- 读取从键盘输入的 er_print 命令。
- script *script* 从文件 *script* 读取命令（该文件包含 er_print 命令的列表，每行一个命令）。如果 -script 选项不存在，则 er_print 从终端或从命令行读取命令。
- command [*argument*] 处理给定的命令。
- V 显示版本信息并退出。

多个选项可以出现在 er_print 命令行上。它们按其出现顺序进行处理。可以按任何顺序混合脚本、连字符和显式命令。未提供任何命令或脚本时的缺省操作是进入交互模式，在该模式下命令是从键盘输入的。要退出交互模式，请键入 quit 或 Ctrl-D。

处理每个命令后，会列显处理时出现的任何错误消息或警告消息。可以使用 procstats 命令列显有关处理的摘要统计数据。

在以下各节中列出了 er_print 实用程序接受的命令。

只要命令是明确的，就可以将其缩写为更短的字符串。通过以反斜杠 \ 结束行的方式可以将一个命令拆分为多行。以 \ 结尾的任何行在解析之前都会将 \ 字符删除，并追加下一行的内容。除可用内存外，对命令可使用的行数并没有限制。

必须将包含嵌入空白的参数用双引号引起来。可以将引号内的文本拆分为多行。

度量列表

许多 `er_print` 命令都使用度量关键字的列表。列表的语法如下：

```
metric-keyword-1[:metric-keyword2...]
```

对于动态度量（它们基于度量的数据），度量关键字包含以下三部分：度量类型字符串、度量可见性字符串和度量名称字符串。这些字符串连接在一起且没有空格，如下所示。

```
flavorvisibilityname
```

对于静态度量—它们基于实验中装入对象的静态属性（名称、地址和大小），度量关键字包含度量名称和可选的前置度量可见性字符串，两者连接在一起且没有空格：

```
[visibility]name
```

度量 *flavor* 和度量 *visibility* 字符串由类型和可见性字符组成。

表 5-1 中列出了允许的度量类型字符。包含多个类型字符的度量关键字可扩展为一系列度量关键字。例如，`ie.user` 可扩展为 `i.user:e.user`。

表 5-1 度量类型字符

字符	说明
e	显示独占度量值
i	显示非独占度量值
a	显示归属度量值（仅适用于调用方-被调用方度量）
d	显示数据空间度量值（仅适用于数据派生的度量）

表 5-2 中列出了允许的度量可见性字符。可见性字符串中可见性字符的顺序无关紧要：它不影响对应度量的显示顺序。例如，`i%.user` 和 `i.%user` 都解释为 `i.use:i%user`。

仅可见性不同的度量始终按标准顺序一起显示。如果仅可见性不同的两个度量关键字由某些其他关键字分隔，则度量按标准顺序出现在两个度量中第一个度量的位置。

表 5-2 度量可见性字符

字符	说明
.	将度量显示为时间。适用于计时度量以及度量循环计数的硬件计数器度量。其他度量解释为 "+"。

表 5-2 度量可见性字符 (续)

字符	说明
%	将度量显示为总程序度量的百分比。对于调用方-被调用方列表中的归属度量，将度量显示为所选函数的非独占度量的百分比。
+	将度量显示为绝对值。对于硬件计数器，该值是事件计数。计时度量解释为"."。
!	不显示任何度量值。不能与其他可见性字符组合使用。

当类型字符串和可见性字符串都具有多个字符时，首先扩展类型。因此，将 `ie.%user` 扩展为 `i.%user:e.%user`，然后将其解释为 `i.user:i%user:e.user:e%user`。

对于静态度量，句点(.)、加号(+)和百分号(%)这三种可见性字符在用于定义排序顺序时是等效的。因此，`sort i%user`、`sort i.user` 和 `sort i+user` 均表示只要包含用户 CPU 时间以任一形式可见，分析器就应该按它排序；而 `sort !i.user` 则表示不管非独占用户 CPU 时间是否可见，分析器都应该按它排序。

对于每种度量类型，可以使用叹号(!)可见性字符覆盖内置可见性缺省值。

如果同一度量在度量列表中出现多次，则仅处理第一次出现的该度量，而忽略随后出现的该度量。如果指定的度量不在列表中，则将它附加到列表中。

表 5-3 列出了计时度量、同步延迟度量、内存分配度量、MPI 跟踪度量以及两个常见的硬件计数器度量的可用 `er_print` 度量名称字符串。对于其他硬件计数器度量，度量名称字符串与计数器名称相同。通过 `metric list` 命令，可以获取已装入实验的所有可用度量名称字符串的列表。使用不带任何其他参数的 `collect -h` 命令可以获取计数器名称的列表。有关硬件计数器的更多信息，请参见第 25 页中的“硬件计数器溢出分析数据”。

表 5-3 度量名称字符串

类别	字符串	说明
计时度量	<code>user</code>	用户 CPU 时间
	<code>wall</code>	挂钟时间
	<code>total</code>	总线程时间
	<code>system</code>	系统 CPU 时间
	<code>wait</code>	CPU 等待时间
	<code>ulock</code>	用户锁定时间
	<code>text</code>	文本缺页时间
	<code>data</code>	数据缺页时间
	<code>owait</code>	其他等待时间

表 5-3 度量名称字符串 (续)

类别	字符串	说明
基于时钟的分析度量	mpiwork	在 MPI 运行时内执行工作（如处理请求或消息）所用的时间
	mpiwait	在 MPI 运行时内等待事件、缓冲区或消息所用的时间
	ompwork	以串行或并行方式执行工作所用的时间
	ompwait	OpenMP 运行时等待同步时所用的时间
同步延迟度量	sync	同步等待时间
	syncn	同步等待计数
MPI 跟踪度量	mpitime	MPI 调用所用的时间
	mpisend	已启动 MPI 点对点发送数
	mpibytessent	“MPI 发送”中的字节数
	mpireceive	已完成 MPI 点对点接收数
	mpibytesrecv	“MPI 接收”中的字节数
	mpiother	对其他 MPI 函数的调用数
内存分配度量	alloc	分配的数量
	balloc	分配的字节
	leak	泄漏的数量
	bleak	泄漏的字节
硬件计数器溢出度量	cycles	CPU 周期
	insts	发出的指令
线程分析器度量	raccesses	数据争用访问
	deadlocks	死锁

除了表 5-3 中列出的名称字符串外，还有两个只能在缺省度量列表中使用的名称字符串。这两个名称字符串是 `hwc`（它与任何硬件计数器名称匹配）和 `any`（它与任何度量名称字符串匹配）。另请注意，`cycles` 和 `insts` 对于 SPARC 平台和 x86 平台是通用的，但是还存在特定于体系结构的其他类型的名称字符串。

要查看在已装入的实验中可用的度量，请使用 `metric_list` 命令。

控制函数列表的命令

以下命令控制显示函数信息的方式。

functions

使用当前选定的度量写入函数列表。函数列表包括选定进行函数显示的装入对象中的所有函数，以及使用 `object_select` 命令隐藏其函数的任何装入对象。

可以使用 `limit` 命令限制写入的行数（请参见第 131 页中的“控制输出的命令”）。

列显的缺省度量是独占和非独占用户 CPU 时间，以秒和总程序度量百分比表示。可以使用 `metrics` 命令更改当前显示的度量，该命令必须在发出 `functions` 命令之前发出。也可以在 `.er.rc` 文件中使用 `dmetrics` 命令更改缺省值。

对于用 Java 编程语言编写的应用程序，显示的函数信息因视图模式的设置而异，视图模式可设置为用户、专家或计算机。

- 用户模式按名称显示每个方法，将已解释的方法和 HotSpot 编译的方法的数据聚集在一起；它还抑制非用户 Java 线程的数据。
- 专家模式将 HotSpot 编译的方法与已解释的方法分开，且不抑制非用户 Java 线程。
- 计算机模式在进行解释时根据 Java 虚拟机 (Java Virtual Machine, JVM) 软件显示已解释的 Java 方法的数据，并对指定的方法报告使用 Java HotSpot 虚拟机编译的方法的数据。显示所有线程。

在所有三种模式下，对于 Java 目标调用的任何 C、C++ 或 Fortran 代码，都以通用的方法报告数据。

metrics metric_spec

指定函数列表度量的选项。字符串 `metric_spec` 可以是恢复缺省度量选项的关键字 `default`，也可以是由冒号分隔的一系列度量关键字。以下示例说明一个度量列表。

```
% metrics i.user:i%user:e.user:e%user
```

此命令指示 `er_print` 实用程序显示以下度量：

- 用秒表示的非独占用户 CPU 时间
- 非独占用户 CPU 时间百分比
- 用秒表示的独占用户 CPU 时间
- 独占用户 CPU 时间百分比

缺省情况下，所用的度量设置基于从 `.er.rc` 文件处理的 `dmetrics` 命令，如第 133 页中的“设置缺省值的命令”中所述。如果 `metrics` 命令将 `metric_spec` 显式设置为 `default`，则根据所记录的数据恢复缺省设置。

重置度量时，会在新列表中设置缺省排序度量。

如果省略 *metric_spec*，则显示当前的度量设置。

除了为函数列表设置度量外，*metrics* 命令还可以为调用方-被调用方、派生的数据输出和索引对象设置度量。调用方-被调用方度量显示以下归属的度量：它们对应于显示非独占或独占的度量的函数列表中的那些度量；同时还显示静态度量。

数据空间度量显示以下数据空间度量：这些度量有可用的数据并且对应于显示非独占或独占的度量的函数列表中的那些度量；同时还显示静态度量。

索引对象度量显示以下索引对象度量：这些度量对应于显示非独占或独占的度量的函数列表中的那些度量；同时还显示静态度量。

处理 *metrics* 命令时，将列显一条消息，指明当前的度量选项。对于前面的示例，消息如下。

```
current: i.user:i%user:e.user:e%user:name
```

有关度量列表的语法的信息，请参见第 111 页中的“度量列表”。要查看可用度量的列表，请使用 *metric_list* 命令。

如果 *metrics* 命令出现错误，则将忽略该命令并发出警告，同时仍将使用以前的设置。

sort metric_spec

按 *metric_spec* 对函数列表进行排序。度量名称中的 *visibility* 不影响排序顺序。如果在 *metric_spec* 中指定了多个度量，则使用第一个可见度量。如果指定的度量都不可见，则忽略该命令。可以在 *metric_spec* 前加上减号 (-) 以指定反向排序。

缺省情况下，度量排序设置基于从 *.er.rc* 文件处理的 *dsort* 命令，如第 133 页中的“设置缺省值的命令”中所述。如果 *sort* 命令将 *metric_spec* 显式设置为 *default*，则使用缺省设置。

字符串 *metric_spec* 为第 111 页中的“度量列表”中所述的度量关键字之一，如以下示例所示。

```
sort i.user
```

此命令指示 *er_print* 实用程序按非独占用户 CPU 时间对函数列表进行排序。如果度量不在已装入的实验中，则列显一条警告并忽略该命令。完成命令时，将列显排序度量。

fsummary

为函数列表中的每个函数写入摘要面板。可以使用 *limit* 命令限制写入的面板数（请参见第 131 页中的“控制输出的命令”）。

摘要度量面板包括函数或装入对象的名称、地址和大小（对于函数，还包括源文件、目标文件和装入对象的名称），以及选定函数或装入对象的所有记录的度量（包括以值和百分比形式表示的独占和非独占度量）。

fsingle function_name [N]

为指定的函数写入摘要面板。当有多个函数具有相同的名称时，需要使用可选参数 *N*。为具有给定函数名称的第 *N* 个函数写入摘要度量面板。在命令行上提供命令时，*N* 是必需的；如果不需要它，则将其忽略。当以交互方式提供不带 *N* 的命令但又需要 *N* 时，则会列显具有对应 *N* 值的函数列表。

有关函数的摘要度量的说明，请参见对 `fsummary` 命令的描述。

控制调用方-被调用方列表的命令

以下命令控制显示调用方和被调用方信息的方式。

callers-callees

按函数排序度量 (`sort`) 指定的顺序，列显每个函数的调用方-被调用方面板。

在每个调用方-被调用方报告中，调用方和被调用方按调用方-被调用方排序度量 (`csort`) 进行排序。可以使用 `limit` 命令限制写入的面板数（请参见第 131 页中的“控制输出的命令”）。选定的（中央）函数以星号标记，如以下示例所示。

```
Attr.      Name
User CPU
  sec.
4.440      commandline
0.         *gpf
4.080      gpf_b
0.360      gpf_a
```

在此示例中，`gpf` 是选定的函数；它由 `commandline` 调用，而它调用 `gpf_a` 和 `gpf_b`。

csingle function_name [N]

为指定的函数写入调用方-被调用方面板。当有多个函数具有相同的名称时，需要使用可选参数 *N*。为具有给定函数名称的第 *N* 个函数写入调用方-被调用方面板。在命令行上提供命令时，*N* 是必需的；如果不需要它，则将其忽略。当以交互方式提供不带 *N* 的命令但又需要 *N* 时，则会列显具有对应 *N* 值的函数列表。

cprepend *function-name* [*N* | *ADDR*]

构建调用堆栈时，将指定的函数置于当前调用堆栈片段之前。如果函数名称不明确，可选参数是必需的；有关指定该参数的更多信息，请参见第 118 页中的“`source|src { filename | function_name } [N]`”。

cappend *function-name* [*N* | *ADDR*]

构建调用堆栈时，将指定函数附加到当前调用堆栈片段。如果函数名称不明确，可选参数是必需的；有关指定该参数的更多信息，请参见第 118 页中的“`source|src { filename | function_name } [N]`”。

crmfirst

构建调用堆栈时，从调用堆栈片段删除顶部帧。

crmlast

构建调用堆栈时，从调用堆栈片段删除底部帧。

控制调用树列表的命令

本节介绍用于调用树的命令。

calltree

显示来自实验的动态调用图，显示每个级别的分层度量。

控制泄漏和分配列表的命令

本节介绍与内存分配和解除分配相关的命令。

leaks

显示由通用调用堆栈聚集的内存泄漏列表。每个条目显示了总泄漏数和给定调用堆栈的总泄漏字节数。该列表按泄漏的字节数进行排序。

allocs

显示由通用调用堆栈聚集的内存分配列表。每个条目显示了分配数和给定调用堆栈的总分配字节数。该列表按分配的字节数进行排序。

控制源代码和反汇编代码列表的命令

以下命令控制显示带注释的源代码和反汇编代码的方式。

pcs

写入程序计数器 (program counter, PC) 及其度量的列表（按当前排序度量排序）。该列表包括为使用 `object_select` 命令隐藏其函数的每个装入对象显示聚集度量的行。

psummary

按当前排序度量指定的顺序，为 PC 列表中的每个 PC 写入摘要度量面板。

lines

写入源代码行及其度量的列表（按当前排序度量排序）。该列表包括为没有行号信息或其源文件未知的每个函数显示聚集度量的行，以及为使用 `object_select` 命令隐藏其函数的每个装入对象显示聚集度量的行。

lsummary

按当前排序度量指定的顺序，为行列表中的每个行写入摘要度量面板。

source|src { filename | function_name } [N]

为指定文件或包含指定函数的文件写出带注释的源代码。在任一情况下该文件都必须位于您所指定的路径中的目录下。如果使用 GNU Fortran 编译器编译了源代码，则函数名称出现在源代码中时，必须在其后添加两个下划线字符。

仅当文件或函数的名称不明确时，才使用可选参数 N （正整数）；在这种情况下，使用第 N 个可能的选项。如果提供不带数字说明符的不明确名称，则 `er_print` 实用程序将列显可能的目标文件名称的列表；如果提供的名称是函数，则将函数名称附加到目标文件名称，还将列显表示该目标文件的 N 值的数字。

也可以将函数名称指定为 *function*"*file*"，其中 *file* 用于指定函数的替代源上下文。紧邻第一个指令之后，将添加函数的索引行。索引行显示为尖括号内的文本，其格式如下：

```
<Function: f_name>
```

任何函数的缺省源上下文都被定义为该函数的第一条指令所归属的源文件。它通常是经过编译而生成包含该函数的目标模块的源文件。替代源上下文由包含归属于该函数的指令的其他文件组成。此类上下文包括来自头文件的指令和来自内联到指定函数中的函数的指令。如果存在任何替代源上下文，则在缺省源上下文的开头包括扩展索引行的列表以指示替代源上下文所在的位置，格式如下：

```
<Function: f, instructions from source file src.h>
```

注 - 如果在命令行上调用 `er_print` 实用程序时使用了 `-source` 参数，则必须在 `file` 引号前加上反斜杠转义符。换句话说，函数名称的格式为 `function\"file\"`。当 `er_print` 实用程序处于交互模式时，反斜杠不是必需的，也不应使用它。

通常，在使用缺省源上下文时，会显示该文件中所有函数的度量。如果显式引用该文件，则仅显示指定函数的度量。

disasm|dis { filename | function_name } [N]

为指定文件或包含指定函数的文件写出带注释的反汇编代码。该文件必须位于您所指定的路径中的目录下。

可选参数 *N* 与 `source` 命令的可选参数的使用方法相同。

scc com_spec

指定在带注释的源代码列表中显示的编译器注释的类。类列表是类的冒号分隔列表，包含零个或多个以下消息类。

表 5-4 编译器注释消息类

类	含义
b[asic]	显示基本级别的消息。
v[ersion]	显示版本消息，包括源文件名称和上次修改日期、编译器组件的版本、编译日期和选项。
pa[rallel]	显示有关并行化的消息。

表 5-4 编译器注释消息类 (续)

类	含义
q[ue]ry	显示有关影响代码优化的代码问题。
l[oop]	显示有关循环优化和转换的消息。
pi[pe]	显示有关循环的流水线作业的消息。
i[n]line	显示有关函数内联的消息。
m[emops]	显示有关内存操作（如装入、存储、预取）的消息。
f[e]	显示前端消息。
co[degen]	显示代码生成器消息。
cf	在源代码底部显示编译器标志。
all	显示所有消息。
none	不显示任何消息。

类 `all` 和 `none` 不能与其他类一起使用。

如果未提供 `scc` 命令，则显示的缺省类为 `basic`。如果提供了 `scc` 命令，但 `class-list` 为空，则关闭编译器注释。`scc` 命令通常仅在 `.er.rc` 文件中使用。

sthresh value

指定带注释的源代码中突出显示度量的阈值百分比。对于文件中的任何源代码行，如果任何度量的值等于或大于该度量最大值的 `value %`，则在该度量所在行的开头插入 `#`。

dcc com_spec

指定在带注释的反汇编代码列表中显示的编译器注释的类。类列表是类的冒号分隔列表。可用类的列表与表 5-4 中所示的带注释的源代码列表的类列表相同。可以在类列表中添加以下选项。

表 5-5 dcc 命令的附加选项

选项	含义
h[ex]	显示指令的十六进制值。
noh[ex]	不显示指令的十六进制值。
s[rc]	在带注释的反汇编代码列表中交错显示源代码列表。

表 5-5 dcc 命令的附加选项 (续)

选项	含义
<code>nos[rc]</code>	不在带注释的反汇编代码列表中交错显示源代码列表。
<code>as[rc]</code>	在带注释的反汇编代码列表中交错显示带注释的源代码。

dthresh value

指定带注释的反汇编代码中突出显示度量的阈值百分比。对于文件中的任何指令行，如果任何度量的值等于或大于该度量最大值的 *value* %，则在该度量所在行的开头插入 `##`。

cc com_spec

指定在带注释的源代码和反汇编代码列表中显示的编译器注释的类。类列表是类的冒号分隔列表。可用类的列表与表 5-4 中所示的带注释的源代码列表的类列表相同。

控制源文件搜索的命令

`er_print` 实用程序查找实验中引用的源文件和装入对象文件。可以使用此部分中所述的指令来帮助 `er_print` 查找实验中引用的文件。

有关用于查找实验源代码的过程的说明，包括如何使用这些指令，请参见第 173 页中的“工具如何查找源代码”。

setpath path_list

设置用于查找源文件和目标文件的路径。*path_list* 是目录的冒号分隔列表。如果任何目录中包含冒号字符，请用反斜杠将它转义。特殊目录名称 `$expts` 引用当前实验集（按装入实验的顺序）；可以将其缩写为单个 `$` 字符。

缺省路径为：`$expts:..`，这是已装入实验的目录和当前工作目录。

使用不带参数的 `setpath` 可以显示当前路径。

addpath path_list

将 *path_list* 附加到当前 `setpath` 设置。

pathmap old-prefix new-prefix

如果使用由 `addpath` 或 `setpath` 设置的 `path_list` 找不到文件，则可以使用 `pathmap` 命令指定一个或多个路径重映射。在以 `old-prefix` 所指定的前缀开头的源文件、目标文件或共享对象的任何路径名中，旧的前缀将由 `new-prefix` 所指定的前缀替代。然后，使用所得到的路径查找文件。可采用多个 `pathmap` 命令，并逐一尝试，直到找到文件为止。

控制硬件计数器数据空间和内存对象列表的命令

对于利用硬件计数器分析和数据空间分析收集的实验，可以查看与以下内容相关的度量：

- 数据对象—程序常量、变量、数组和聚集（如结构和联合），以及源代码中所述的各种聚集元素。
- 内存对象—内存子系统组件，如高速缓存行、页面和内存区。对象是通过从所记录的虚拟地址或物理地址计算的索引确定的。为虚拟页面和物理页面预定义了内存对象，其大小为 8KB、64KB、512KB 和 4 MB。可以利用 `mobj_define` 命令定义其他内存对象。

此数据只能在利用 SPARC 体系结构上的 `-xhwcprof` 编译器选项编译的 Solaris 对象上进行收集。

有关这些类型数据的更多信息，请参见第 25 页中的“硬件计数器溢出分析数据”。有关用于执行硬件计数器溢出分析的命令行的信息，请参见第 55 页中的“`-h counter_definition_1...[, counter_definition_n]`”。

有关 `-xhwcprof` 编译器选项的信息，请参见《Oracle Solaris Studio 12.3: Fortran 用户指南》、《Oracle Solaris Studio 12.3: C 用户指南》或《Oracle Solaris Studio 12.3: C++ 用户指南》。

data_objects

写入数据对象及其度量的列表。

data_single name [N]

写入指定数据对象的摘要度量面板。在对象名称不明确的情况下，需要使用可选参数 `N`。当指令在命令行上时，`N` 是必需的；如果不需要它，则将其忽略。

data_layout

为具有数据派生度量数据的所有程序数据对象写入带注释的数据对象布局，按整个结构的当前数据排序度量值排序。每个聚集数据对象会显示归属于该对象的总度量，后跟按偏移顺序显示的所有元素，每个元素具有自己的度量和相对于 32 字节块的大小和位置指示符。

memobj mobj_type

使用当前度量写入给定类型的内存对象的列表。所用度量和排序方式与数据空间列表相同。还可以将名称 *mobj_type* 直接用作命令。

mobj_list

写入已知类型的内存对象的列表，用法与 `memobj` 命令中的 *mobj_type* 相同。

mobj_define mobj_type index_exp

通过将 VA/PA 映射到由 *index_exp* 提供的对象，定义新的内存对象类型。表达式的语法在第 137 页中的“表达式语法”中介绍。

不应先定义 *mobj_type*。其名称必须完全由字母数字字符或 "_" 字符组成，且以字母字符开头。

index_exp 必须在语法上是正确的。如果它在语法上不正确，则将返回错误并忽略定义。

<Unknown> 内存对象的索引是 -1，而且用于定义新内存对象的表达式应该支持识别 <Unknown>。例如，对于基于 `VADDR` 的对象，表达式应该采用以下格式：

```
VADDR>255?expression : -1
```

而对于基于 `PADDR` 的对象，表达式应该采用以下格式：

```
PADDR>0?expression : -1
```

控制索引对象列表的命令

索引对象命令适用于所有实验。索引对象列表是可以从所记录的数据计算其索引的对象的列表。为线程、Cpu、抽样和秒预定义了索引对象。可以使用 `indxobj_define` 命令定义其他索引对象。

以下命令控制索引对象列表。

`indxobj indxobj_type`

写入与给定类型匹配的索引对象及其度量的列表。索引对象的度量和排序方式与函数列表相同，只不过仅包含独占度量。也可以将名称 `indxobj_type` 直接用作命令。

`indxobj_list`

写入已知类型的索引对象的列表，用法与 `indxobj` 命令中的 `indxobj_type` 相同。

`indxobj_define indxobj_type index_exp`

通过将包映射到由 `index_exp` 提供的对象，定义新的索引对象类型。表达式的语法在 [第 137 页](#) 中的“表达式语法”中介绍。

不应先定义 `indxobj_type`。其名称不区分大小写，必须完全由字母数字字符或 "_" 字符组成，且以字母字符开头。

`index_exp` 必须在语法上是正确的，否则将返回错误并忽略定义。如果 `index_exp` 包含任何空格，则必须用双引号 (") 将其引起来。

<Unknown> 索引对象的索引是 -1，而且用于定义新索引对象的表达式应该支持识别 <Unknown>。

例如，对于基于虚拟或物理 PC 的索引对象，表达式应该采用以下格式：

```
VIRTPC>0?VIRTPC: -1
```

用于 OpenMP 索引对象的命令

可以使用以下命令列显有关 OpenMP 索引对象的信息。

OMP_preg

列显在实验中执行的 OpenMP 并行区域及其度量的列表。此命令仅可用于含有 OpenMP 3.0 性能数据的实验。

OMP_task

列显在实验中执行的 OpenMP 任务及其度量的列表。此命令仅可用于含有 OpenMP 3.0 性能数据的实验。

支持线程分析器的命令

以下命令支持线程分析器。有关捕获和显示的数据的更多信息，请参见《[Oracle Solaris Studio 12.3: 线程分析器用户指南](#)》。

races

将所有数据争用的列表写入实验中。数据争用报告只能从具有数据争用检测数据的实验获得。

rdetail race_id

写入给定 *race_id* 的详细信息。如果 *race_id* 设置为 `all`，显示所有数据争用的详细信息。数据争用报告只能从具有数据争用检测数据的实验获得。

deadlocks

写入实验中检测到的所有实际死锁和潜在死锁的列表。死锁报告只能从具有死锁检测数据的实验获得。

ddetail deadlock_id

写入给定 *deadlock_id* 的详细信息。如果 *deadlock_id* 设置为 `all`，则显示所有死锁的详细信息。死锁报告只能从具有死锁检测数据的实验获得。

列出实验、抽样、线程和 LWP 的命令

本节介绍列出实验、抽样、线程和 LWP 的命令。

experiment_list

显示装入的实验及其 ID 号的完整列表。列出的每个实验都有一个索引（在选择抽样、线程或 LWP 时使用）和一个 PID（可在高级过滤时使用）。

以下示例显示一个实验列表。

```
(er_print) experiment_list
ID Experiment
== =====
1 test.1.er
2 test.6.er
```

sample_list

显示当前选定的要进行分析的抽样的列表。

以下示例显示一个抽样列表。

```
(er_print) sample_list
Exp Sel      Total
=== =====
1 1-6         31
2 7-10,15    31
```

lwp_list

显示当前选定的要进行分析的 LWP 的列表。

thread_list

显示当前选定的要进行分析的线程的列表。

cpu_list

显示当前选定的要进行分析的 CPU 的列表。

控制实验数据过滤的命令

可以指定按以下两种方式过滤实验数据：

- 指定过滤表达式，为每个数据记录计算该表达式以确定是否应该包括该记录
- 选择要进行过滤的实验、抽样、线程、CPU 和 LWP

指定过滤表达式

可以使用 `filters` 命令指定过滤表达式。

`filters filter_exp`

`filter_exp` 是一个表达式，对于应该包括的任何数据记录，其计算结果为真；对于不应包括的记录，其计算结果为假。表达式的语法在第 137 页中的“表达式语法”中介绍。

列出过滤器表达式的关键字

可以查看可在实验的过滤器表达式中使用的操作数或关键字的列表。

`describe`

打印可用于构建过滤器表达式的关键字列表。第 137 页中的“表达式语法”中介绍了表达式过滤器的一些关键字和语法。

在性能分析器中，通过选择“View”（查看）⇒“Manage Filters”（管理过滤器）并单击“Custom”（定制）标签中的“Show Keywords”（显示关键字）按钮，可以查看相同的信息。

选择要进行过滤的抽样、线程、LWP 和 CPU

选择列表

选择语法如以下示例所示。该语法用于命令描述。

```
[experiment-list:]selection-list[+  
experiment-list:]selection-list ... ]
```

可以在每个选择列表前面加上实验列表，用冒号与其隔开且不加空格。可以通过用 `+` 符号连接多个选择列表来进行多个选择。

实验列表和选择列表具有相同的语法，可以使用关键字 `all`，也可以使用编号或编号范围 ($n-m$) 的列表，其中用逗号分隔且不加空格，如以下示例所示。

2, 4, 9-11, 23-32, 38, 40

可以使用 `experiment_list` 命令确定实验编号。

一些选择示例如下所示。

```
1:1-4+2:5,6  
all:1,3-6
```

在第一个示例中，从实验 1 选择了对象 1 到 4，从实验 2 选择了对象 5 和 6。在第二个示例中，从所有实验选择了对象 1 以及 3 到 6。对象可以是 LWP、线程或样本。

选择命令

用于选择 LWP、抽样、CPU 和线程的命令不是独立的。如果某个命令的实验列表与前一个命令的实验列表不同，则按以下方式将来自最后一个命令的实验列表应用于所有三个选择目标—LWP、样本和线程。

- 关闭不在最后一个实验列表中的实验的现有选择。
- 保留最后一个实验列表中的实验的现有选择。
- 对于没有做出任何选择的目标，将选择设置为 `all`。

sample_select sample_spec

选择要显示其信息的抽样。命令完成时，会显示所选抽样的列表。

lwp_select lwp_spec

选择要显示其信息的 LWP。命令完成时，会显示所选 LWP 的列表。

thread_select thread_spec

选择要显示其信息的线程。命令完成时，会显示所选线程的列表。

cpu_select cpu_spec

选择要显示其信息的 CPU。命令完成时，会显示所选 CPU 的列表。

控制装入对象展开和折叠的命令

这些命令确定 `er_print` 实用程序显示装入对象的方式。

object_list

显示一个由两列组成的列表，包含全部装入对象的状态和名称。在第一列中显示每个装入对象的显示/隐藏/API 状态，在第二列中显示对象的名称。每个装入对象名称前有 `show`（指示在函数列表中显示该对象的函数（已展开））、`hide`（指示在函数列表中不显示该对象的函数（已折叠））或 `API-only`（如果仅显示那些代表装入对象入口点的函数）。已折叠装入对象的所有函数都映射到函数列表中表示整个装入对象的单个条目。

以下是装入对象列表的示例。

```
(er_print) object_list
Sel  Load Object
==== =====
hide <Unknown>
show <Freeway>
show <libCstd_isa.so.1>
show <libnsl.so.1>
show <libmp.so.2>
show <libc.so.1>
show <libICE.so.6>
show <libSM.so.6>
show <libm.so.1>
show <libCstd.so.1>
show <libX11.so.4>
show <libXext.so.0>
show <libCrun.so.1>
show <libXt.so.4>
show <libXm.so.4>
show <libsocket.so.1>
show <libgen.so.1>
show <libcollector.so>
show <libc_psr.so.1>
show <ld.so.1>
show <liblayout.so.1>
```

object_show object1,object2,...

设置所有已命名的装入对象以显示其所有函数。对象的名称可以为全路径名或根基名称。如果名称包含逗号字符，则必须用双引号将名称引起来。如果使用字符串 `"all"` 命名装入对象，则显示所有装入对象的函数。

object_hide object1,object2,...

设置所有已命名的装入对象以隐藏其所有函数。对象的名称可以为全路径名或根基名称。如果名称包含逗号字符，则必须用双引号将名称引起来。如果使用字符串 `"all"` 命名装入对象，则显示所有装入对象的函数。

object_api object1,object2,...

设置所有已命名的装入对象以仅显示所有代表库入口点的函数。对象的名称可以为全路径名或根基名称。如果名称包含逗号字符，则必须用双引号将名称引起来。如果使用字符串 "all" 命名装入对象，则显示所有装入对象的函数。

objects_default

按照 `.er.rc` 文件配置中的初始缺省值设置所有装入对象。

object_select object1,object2,...

选择要显示有关其中函数信息的装入对象。显示所有已命名的装入对象的函数，隐藏所有其他装入对象的函数。*object-list* 是装入对象的列表，用逗号分隔且不加空格。如果显示某个装入对象的函数，则在函数列表中显示具有非零度量的所有函数。如果隐藏某个装入对象的函数，则会折叠其函数，并且仅显示包含整个装入对象的度量的单个行，而不是显示其各个函数。

装入对象的名称应该为全路径名或根基名称。如果对象名称本身包含逗号，则必须用双引号将名称引起来。

列出度量的命令

以下命令列出当前选定的度量以及所有可用的度量关键字。

metric_list

显示函数列表中当前选定的度量和可以在其他命令（例如 `metrics` 和 `sort`）中使用的度量关键字列表，以在函数列表中引用各种类型的度量。

cmetric_list

显示当前选择的调用方-被调用方归属的度量以及当前用于排序的度量。

data_metric_list

显示当前选定的数据派生度量以及所有数据派生报告的度量和关键字名称的列表。列表的显示方式与 `metric_list` 命令的输出方式相同，但是仅包括那些具有数据派生类型的度量和静态度量。

indx_metric_list

显示当前选定的索引对象度量以及所有索引对象报告的度量和关键字名称的列表。以与 `metric_list` 命令相同的方式显示列表，但是仅包括那些具有独占类型的度量和静态度量。

控制输出的命令

以下命令控制 `er_print` 显示输出。

outfile {filename|-|--}

关闭任何打开的输出文件，然后为后续输出打开 `filename`。打开 `filename` 时，将清除任何先前存在的内容。如果指定一个短划线 (-) 而不是 `filename`，则将输出写入标准输出。如果指定两个短划线 (--) 而不是 `filename`，则将输出写入标准错误。

appendfile 文件名

关闭任何打开的输出文件并打开 `filename`，保留任何先前存在的内容，以便将后续输出附加到文件的结尾。如果 `filename` 不存在，则 `appendfile` 命令的功能与 `outfile` 命令的功能相同。

limit n

将输出限制为报告中的前 `n` 个条目；`n` 是一个无符号正整数。

name { long | short } [: { shared_object_name | no_shared_object_name }]

指定是使用长形式还是短形式的函数名称（仅限 C++ 和 Java）。如果指定了 `shared_object_name`，则将共享对象名称附加到函数名称。

viewmode { user | expert | machine }

将模式设置为以下模式之一：

`user` (用户) 对于 Java 实验，显示 Java 线程的 Java 调用堆栈，而不显示内务处理线程。函数列表包括函数 `<JVM-System>`，该函数表示来自非 Java 线程的聚集时间。当 JVM 软件不报告 Java 调用堆栈时，将根据函数 `<no Java callstack recorded>` 报告时间。

对于 OpenMP 实验，显示重构的调用堆栈，这些重构的调用堆栈类似于在不使用 OpenMP 的情况下编译程序时获取的调用堆栈。在 OpenMP 运行时执行某些操作时，添加名称格式为 `<OMP-*>` 的特殊函数。

expert 对于 Java 实验，在执行用户的 Java 代码时，将显示 Java 线程的 Java 调用堆栈，而在执行 JVM 代码或当 JVM 软件不报告 Java 调用堆栈时，则显示计算机调用堆栈。显示内务处理线程的计算机调用堆栈。

对于 OpenMP 实验，显示编译器生成的、代表并行化循环、任务等的函数，这些函数会与用户模式中的用户函数聚集。在 OpenMP 运行时执行某些操作时，添加名称格式为 `<OMP-*>` 的特殊函数。禁止 OpenMP 运行时代码 `libmstk.so` 中的函数。

machine 对于 Java 实验和 OpenMP 实验，显示所有线程的实际本机调用堆栈。对于除 Java 实验和 OpenMP 实验之外的所有实验，所有三种模式都显示相同的数据。

compare { on | off }

将比较模式设置为打开或关闭。缺省值是关闭，因此在读取同一个可执行文件上的多个实验时，会聚集数据。如果通过在 `.er.rc` 文件中设置 `compare on` 启用比较模式，且在同一个可执行文件上装入了多个实验，就会针对来自每个实验的数据分别显示度量列表。此外，还可以使用 `er_print compare` 命令比较实验。

在比较模式中，实验或组中的数据显示在函数列表、调用方-被调用方列表以及源代码和反汇编代码列表的相邻列中。这些列按装入实验或组的顺序显示，同时带有一个给出实验或组名称的附加标题行。

列显其他信息的命令

以下 `er_print` 子命令显示关于该实验的其他信息。

header exp_id

显示有关指定实验的描述性信息。`exp_id` 可以通过 `exp_list` 命令获得。如果 `exp_id` 为 `all` 或未提供，则显示所有已装入实验的信息。

在每个标头后，将列显任何错误或警告。每个实验的标头由一行短划线分隔。

如果实验目录包含名为 `notes` 的文件，则将该文件的内容添加到标头信息之前。可以通过 `collect` 命令的 `-C "comment"` 参数，手动添加、编辑或指定 `notes` 文件。

exp_id 在命令行上是必需的，但是在脚本中或交互模式下不是必需的。

ifreq

从度量的计数数据写入指令频率列表。指令频率报告只能从计数数据生成。此命令仅适用于 Oracle Solaris。

objects

列出装入对象以及由于使用装入对象而产生的任何错误或警告消息以用于性能分析。可以使用 `limit` 命令限制列出的装入对象数（请参见第 131 页中的“控制输出的命令”）。

overview exp_id

写出当前为指定实验选择的每个抽样的抽样数据。*exp_id* 可以通过 `exp_list` 命令获得。如果 *exp_id* 为 `all` 或未提供，则显示所有实验的样本数据。*exp_id* 在命令行上是必需的，但是在脚本中或交互模式下不是必需的。

statistics exp_id

写出在指定实验的当前抽样集上聚集的执行统计数据。有关显示的执行统计数据的定义和含义的信息，请参见 `getrusage(3C)` 和 `proc(4)` 手册页。执行统计数据包括来自收集器未收集其任何数据的系统线程的统计数据。

exp_id 可以通过 `experiment_list` 命令获得。如果未提供 *exp_id*，则显示在每个实验的样本集上聚集的所有实验的数据总和。如果 *exp_id* 为 `all`，则显示每个实验的总和统计和单独统计。

设置缺省值的命令

可以在 `.er.rc` 文件中使用以下命令为 `er_print`、`er_src` 和性能分析器设置缺省值。这些命令只能用于设置缺省值：它们不能用作 `er_print` 实用程序的输入。只能将这些命令包括在名为 `.er.rc` 的缺省值文件中。仅适用于性能分析器缺省值的命令在第 135 页中的“仅为性能分析器设置缺省值的命令”中介绍。有关分析器如何使用 `.er.rc` 文件的信息，请参见第 105 页中的“分析器缺省设置”。

可将 `.er.rc` 缺省值文件包含在起始目录中以为所有实验设置缺省值，或者将其包含在任何其他目录中以在本地设置缺省值。启动 `er_print` 实用程序、`er_src` 实用程序或性能分析器时，将扫描当前目录和起始目录以查找 `.er.rc` 文件。如果存在这些文件，就读取它们，同时还读取系统缺省值文件。您的起始目录中的 `.er.rc` 文件的缺省值覆盖系统缺省值，当前目录中的 `.er.rc` 文件的缺省值覆盖起始目录缺省值和系统缺省值。

注- 要确保从存储实验的目录读取缺省值文件，必须从该目录启动性能分析器或 `er_print` 实用程序。

缺省值文件还可以包括

`scc`、`sthresh`、`dcc`、`dthresh`、`cc`、`setpath`、`addpath`、`pathmap`、`name`、`mobj_define`、`object_show`、`object_hide`、`object_api`、`indxobj_define`、`tabs`、`rtables` 和 `viewmode` 命令。可以在缺省值文件中包括多个

`dmetrics`、`dsort`、`addpath`、`pathmap`、`mobj_define` 和 `indxobj_define` 命令，并串联来自所有 `.er.rc` 文件的命令。对于所有其他命令，如果出现多次，则使用第一次出现的该命令，而忽略随后出现的该命令。

dmetrics metric_spec

指定要在函数列表中显示或列显的缺省度量。度量列表的语法和用法在 [第 111 页中的“度量列表”](#) 一节中介绍。列表中度量关键字的顺序确定显示度量的顺序和它们在性能分析器的度量选择器中出现的顺序。

通过在列表中每个度量名称第一次出现的地方之前添加对应的归属度量，可从函数列表缺省度量派生调用方-被调用方列表的缺省度量。

dsort metric_spec

指定函数列表将按其排序的缺省度量。排序度量是该列表中与任何已装入实验中的度量匹配的度量，且受到以下条件的限制：

- 如果 `metric_spec` 中的条目具有叹号!可见性字符串，则使用其名称匹配的度量，而不管它是否可见。
- 如果 `metric_spec` 中的条目具有任何其他可见性字符串，则使用其名称匹配的度量。

度量列表的语法和用法在 [第 111 页中的“度量列表”](#) 一节中介绍。

调用方-被调用方列表的缺省排序度量是对应于函数列表的缺省排序度量的归属度量。

en_desc { on | off | =regexp }

将读取后续实验的模式设置为 on（启用所有后续实验）或 off（禁用所有后续实验）。如果使用 =*regexp*，则启用其沿袭或可执行文件名称与正则表达式匹配的那些实验的数据。缺省设置是 on，即跟踪所有子孙进程。

仅为性能分析器设置缺省值的命令

可以在 .er.rc 文件中使用以下命令为性能分析器设置一些其他缺省值。

tabs tab_spec

设置在分析器中可见的一组缺省标签。标签由生成相应报告的 er_print 命令命名。此外，mpi_timeline 指定 "MPI Timeline"（MPI 时间线）标签，mpi_chart 指定 "MPI Chart"（MPI 图表）标签，timeline 指定 "Timeline"（时间线）标签，而 headers 指定 "Experiments"（实验）标签。

仅显示已装入实验中的数据所支持的那些标签。

rtables tab_spec

设置使用 tha 命令调用分析器时可见的一组缺省标签，以便检查线程分析器实验。仅显示已装入实验中的数据所支持的那些标签。

tlmode tl_mode

设置性能分析器的“时间线”标签的显示模式选项。选项列表是一个冒号分隔列表。下表介绍了允许的选项。

表 5-6 时间线显示模式选项

选项	含义
lw[p]	显示 LWP 的事件
t[hread]	显示线程的事件
c[pu]	显示 CPU 的事件
e[xps]	显示每个实验的聚合事件

表 5-6 时间线显示模式选项 (续)

选项	含义
r[oot]	在根上对齐调用堆栈
le[af]	在叶上对齐调用堆栈
d[epth] <i>nn</i>	设置可以显示的调用堆栈的最大深度

选项 `lwp`、`thread` 和 `cpu` 是独占的，`root` 和 `leaf` 也是独占的。如果在列表中包括一组独占选项中的多个选项，则仅使用最后一个选项。

tldata tl_data

选择在性能分析器的“时间线”标签中显示的缺省数据类型。`tl_data` 的值是一个用冒号分隔的类型列表。下表列出了允许的类型。

表 5-7 时间线显示数据类型

类型	含义
sa[mple]	显示抽样数据
c[lock]	显示时钟分析数据
hw[c]	显示硬件计数器分析数据
sy[nctrace]	显示线程同步跟踪数据
mp[itrace]	显示 MPI 跟踪数据
he[aptrace]	显示堆跟踪数据

杂项命令

可在 `er_print` 实用程序中使用以下命令执行其他任务。

procstats

列显处理数据的累积统计数据。

script file

处理脚本文件 `file` 中的附加命令。

version

列显 `er_print` 实用程序的当前版本号。

quit

终止当前脚本的处理，或者退出交互模式。

help

列显 `er_print` 命令的列表。

表达式语法

定义过滤器的表达式和用于计算内存对象索引的表达式使用通用语法。

语法将表达式指定为运算符和操作数或关键字的组合。对于过滤器，如果表达式的计算结果为真，则包括包；如果表达式的计算结果为假，则排除包。对于内存对象或索引对象，表达式的计算结果为一个索引，该索引定义包中引用的特定内存对象或索引对象。

表达式中的操作数可以是标签、常量或者是数据记录中的字段，如使用 `describe` 命令的执行结果所示。这些操作数包括

`THRID`、`LWPID`、`CPUID`、`USTACK`、`XSTACK`、`MSTACK`、`LEAF`、`VIRTPC`、`PHYSPC`、`VADDR`、`PADDR`、`DOBJ`、`TSTAMP`、`SAMPLE`、`EXPID`、`PID` 或内存对象的名称。操作数名称不区分大小写。

`USTACK`、`XSTACK` 和 `MSTACK` 分别表示用户视图、专家视图和计算机视图中的函数调用堆栈。

仅当为硬件计数器分析或时钟分析指定 "+" 时，`VIRTPC`、`PHYSPC`、`VADDR` 和 `PADDR` 都不为零。此外，当无法确定实际虚拟地址时，`VADDR` 小于 256。如果无法确定 `VADDR` 或者无法将虚拟地址映射到物理地址，`PADDR` 为零。同样，如果回溯失败或者未请求回溯，`VIRTPC` 为零；如果 `VIRTPC` 为零或者无法将 `VIRTPC` 映射到物理地址，`PHYSPC` 为零。

运算符包括常见的逻辑运算符和算术（包括移位）运算符（在 C 表示法中，具有 C 优先级规则），以及用于确定某个元素是否位于集中的运算符 (`IN`) 或用于确定某组元素中的任一元素或全部元素是否包含在集中的运算符（分别对应 `SOME IN` 或 `IN`）。附加运算符 `ORDERED IN` 用于确定左侧操作数中的所有元素是否以相同的顺序出现在右侧操作数中。注意，`IN` 运算符要求左侧操作数中的所有元素出现在右侧操作数中，但对顺序未作要求。按照 C 语言中的方式指定 `If-then-else` 结构（使用 `?` 和 `;` 运算符）。使用圆括号以确保正确解析所有表达式。在 `er_print` 命令行上，不能将表达式拆分为多行。在脚本中或命令行上，如果表达式包含空格，则必须用双引号将其引起来。

过滤表达式的计算结果为布尔值。如果应该包括包，则计算结果为真，如果不应该包括包，则计算结果为假。线程、CPU、实验 id、进程 pid 和样本过滤基于相应关键字和整数之间的关系表达式，或者使用 IN 运算符和逗号分隔的整数列表。

可通过在 TSTAMP 和时间（以整数纳秒为单位，从将要处理其包的实验开始时算起）之间指定一个或多个关系表达式来使用时间过滤。样本的时间可以使用 overview 命令获得。overview 命令中的时间以秒为单位，必须转换为纳秒以用于时间过滤。时间还可以从分析器中的“时间线”显示获得。

函数过滤可以基于叶函数或堆栈中的任何函数。按叶函数进行过滤是通过 LEAF 关键字和整型函数 id 之间的关系表达式指定的，或者使用 IN 运算符和结构 FNAME("regexp") 指定，其中 regexp 是正则表达式，如 regexp(5) 手册页中所指定的那样。函数的整个名称（如 name 的当前设置所指定）必须匹配。

可以通过使用表达式 (FNAME("myfunc") SOME IN USTACK) 确定结构 FNAME("regexp") 中的任何函数是否位于由关键字 USTACK 表示的函数数组中，来指定基于调用堆栈中的任何函数的过滤。FNAME 也可用于按照相同的方式过滤堆栈的计算机视图 (MSTACK) 和专家视图 (XSTACK)。

数据对象过滤类似于堆栈函数过滤，使用 DOBJ 关键字和结构 DNAME("regexp")（括在圆括号中）。

内存对象过滤是使用内存对象的名称（如 mobj_list 命令中所示）和对象的整型索引或对象集的索引来指定的。（<Unknown> 内存对象的索引是 -1。）

索引对象过滤是使用索引对象的名称（如 indxobj_list 命令中所示）和对象的整型索引或对象集的索引来指定的。（<Unknown> 索引对象的索引是 -1。）

数据对象过滤和内存对象过滤仅对具有数据空间数据的硬件计数器包有意义；此类过滤将排除所有其他包。

虚拟地址或物理地址的直接过滤是通过 VADDR 或 PADDR 与地址之间的关系表达式指定的。

内存对象定义（请参见第 123 页中的“mobj_define mobj_type index_exp”）使用其计算结果为整型索引的表达式（使用 VADDR 关键字或 PADDR 关键字）。该定义仅适用于内存计数器 and 数据空间数据的硬件计数器包。该表达式应该返回整数，对于 <Unknown> 内存对象，则返回 -1。

索引对象定义（请参见第 124 页中的“indxobj_define indxobj_type index_exp”）使用其计算结果为整型索引的表达式。该表达式应该返回整数，对于 <Unknown> 索引对象，则返回 -1。

示例过滤器表达式

本节介绍可通过 `er_print -filters` 命令以及在性能分析器的 "Manage Filter"（管理过滤器）对话框的 "Custom"（定制）标签中使用的过滤器表达式的示例。

利用 `er_print -filters` 命令，过滤器表达式用单引号引起来，如下所示：

```
er_print -filters 'FNAME("myfunc") SOME IN USTACK' -functions test.1.er
```

示例 5-1 按名称和堆栈过滤函数

从用户函数堆栈过滤名为 `myfunc` 的函数：

```
FNAME("myfunc") SOME IN USTACK
```

示例 5-2 按线程和 CPU 过滤事件

当线程 1 仅在 CPU 2 上运行时，要查看线程 1 中的事件，请使用：

```
THRID == 1 && CPUID == 2
```

示例 5-3 按索引对象过滤事件

如果将索引对象 `THRCPU` 定义为 "`CPUID<<16|THRID`"，下面的过滤器与上述当线程 1 仅在 CPU 2 上运行时查看线程 1 中的事件等效：

```
THRCPU == 0x10002
```

示例 5-4 过滤指定时间段发生的事件

过滤介于第 5 秒和第 9 秒之间的时间段中发生的实验 2 的事件：

```
EXPID==2 && TSTAMP >= 5000000000 && TSTAMP < 9000000000
```

示例 5-5 过滤来自特定 Java 类的事件

过滤堆栈中具有特定 Java 类的任何方法的事件（用户视图模式下）：

```
FNAME("myClass.*") SOME IN USTACK
```

示例 5-6 按内部函数 ID 和调用序列过滤事件

已知函数 ID（如分析器中所示）时，过滤包含计算机调用堆栈中特定调用序列的事件：

```
(314,272) ORDERED IN MSTACK
```

示例 5-7 按状态或持续时间过滤事件

如果 `describe` 命令列出时钟分析实验的以下属性：

示例 5-7 按状态或持续时间过滤事件 (续)

```
MSTATE    UINT32  Thread state
NTICK     UINT32  Duration
```

可以使用以下过滤器选择处于特定状态的事件：

```
MSTATE == 1
```

或者，可以使用以下过滤器选择处于特定状态且其持续时间比 1 个时钟周期长的事件：

```
MSTATE == 1 && NTICK > 1
```

er_print 命令示例

本节提供一些使用 er_print 命令的示例。

示例 5-8 显示函数中时间花费情况的摘要

```
er_print -functions test.1.er
```

示例 5-9 显示调用方-被调用方关系

```
er_print -callers-callees test.1.er
```

示例 5-10 显示热点源代码行

源代码行信息假设代码已使用 -g 进行编译和链接。将尾随下划线附加到 Fortran 函数和例程的函数名称。函数名称后的 1 用于区分 myfunction 的多个实例。

```
er_print -source myfunction 1 test.1.er
```

示例 5-11 从用户函数堆栈过滤名为 myfunc 的函数：

```
er_print -filters 'FNAME("myfunc") SOME IN USTACK' -functions test.1.er
```

示例 5-12 生成类似于 gprof 的输出

以下示例从实验生成一个类似 gprof 的列表。输出是一个名为 er_print.out 的文件，该文件列出前 100 个函数，后跟调用方-被调用方数据（按每个函数的归属用户时间排序）。

```
er_print -outfile er_print.out -metrics e.%user -sort e.user \
-limit 100 -func -callers-callees test.1.er
```

也可以将此示例简化为以下独立的命令。但是请记住，在大型实验或应用程序中对 er_print 的每次调用可能需要花费很长时间。

```
er_print -metrics e.%user -limit 100 -functions test.1.er
```

示例 5-12 生成类似于 gprof 的输出 (续)

```
er_print -metrics e.%user -callers-callees test.1.er
```

示例 5-13 仅显示编译器注释
无需运行程序即可使用此命令。

```
er_src -myfile.o
```

示例 5-14 使用挂钟分析来列出函数和调用方-被调用方

```
er_print -metrics ei.%wall -functions test.1.er  
er_print -metrics aei.%wall -callers-callees test.1.er
```

示例 5-15 运行包含 er_print 命令的脚本

```
er_print -script myscriptfile test.1.er
```

myscriptfile 脚本包含 er_print 命令。脚本文件内容的样例如下：

```
## myscriptfile  
  
## Send script output to standard output  
outfile -  
  
## Display descriptive information about the experiments  
header  
  
## Write out the sample data for all experiments  
overview  
  
## Write out execution statistics, aggregated over  
## the current sample set for all experiments  
statistics  
  
## List functions  
functions  
  
## Display status and names of available load objects  
object_list  
  
## Write out annotated disassembly code for systime,  
## to file disasm.out  
outfile disasm.out  
disasm systime  
  
## Write out annotated source code for synprog.c  
## to file source.out  
outfile source.out  
source synprog.c
```

示例 5-15 运行包含 er_print 命令的脚本 (续)

```
## Terminate processing of the script  
quit
```

了解性能分析器及其数据

性能分析器读取收集器收集的事件数据，并将其转换为性能度量。将会针对目标程序结构中的各种元素（如指令、源代码行、函数和装入对象）计算度量。除了包含时间戳、线程 id、LWP id 和 CPU id 的标头外，为收集的每个事件记录的数据还包含以下两部分：

- 用于计算度量的某些事件特定的数据
- 用于将这些度量与程序结构关联的应用程序调用堆栈

由于编译器所进行的插入、转换和优化，将度量与程序结构关联的过程并不总是简单易懂。本章介绍该过程，并讨论对性能分析器显示内容的影响。

本章包含以下主题：

- 第 143 页中的“数据收集的工作原理”
- 第 146 页中的“解释性能度量”
- 第 151 页中的“调用堆栈和程序执行”
- 第 162 页中的“将地址映射到程序结构”
- 第 169 页中的“将性能数据映射到索引对象”
- 第 169 页中的“将数据地址映射到程序数据对象”
- 第 171 页中的“将性能数据映射到内存对象”

数据收集的工作原理

运行数据收集的输出是实验，该实验在文件系统中存储为带有各种内部文件和子目录的目录。

实验格式

所有实验都必须具有以下三个文件：

- 日志文件 (`log.xml`)，它是一个 XML 文件，包含有关所收集数据、各种组件的版本、目标生存期内各种事件的记录和目标字大小的信息。
- 映射文件 (`map.xml`)，它是一个 XML 文件，所记录的信息包括将哪些装入对象装入目标的地址空间以及装入或卸载这些对象的具体时间。
- 概述文件，它是一个二进制文件，包含在实验中的每个抽样点记录的用法信息。

此外，实验还具有表示整个处理过程中的分析事件的二进制数据文件。每个数据文件都具有一系列事件，如下面第 146 页中的“解释性能度量”所述。对于每种类型的数据，都将使用单独的文件，但每个文件都由目标中的所有线程共享。

对于基于时钟的分析或硬件计数器溢出分析，将数据写入时钟周期或计数器溢出调用的信号处理程序中。对于同步跟踪、堆跟踪、MPI 跟踪或 OpenMP 跟踪，从 `LD_PRELOAD` 环境变量在用户调用的常规例程上插入的 `libcollector` 例程写入数据。每个这样的插入例程都部分填充数据记录，然后调用用户调用的常规例程，在该例程返回时填充数据记录的其余部分，并将记录写入数据文件。

所有数据文件都按块进行内存映射和写入。以这样的方式填充记录以便始终具有有效的记录结构，这样就可以在写入时读取实验。缓冲区管理策略设计用于最大限度地减少线程之间的争用和序列化。

实验可以选择性地包含文件名为 `notes` 的 ASCII 文件。使用 `collect` 命令的 `-C comment` 参数时会自动创建此文件。创建实验后，可以手动创建或编辑该文件。该文件的内容会置于实验标题之前。

archives 目录

每个实验都具有一个 `archives` 目录，该目录包含描述 `map.xml` 文件中引用的每个装入对象的二进制文件。这些文件由 `er_archive` 实用程序（它在数据收集结束时运行）生成。如果进程异常终止，则可能无法调用 `er_archive` 实用程序，在这种情况下，归档文件由 `er_print` 实用程序或分析器在实验上首次调用时写入。

子实验

当分析多个进程（例如，跟踪后代进程、收集 MPI 实验或者使用用户进程分析内核）时，将创建子实验。

后续进程将其实验写入创始进程的实验目录内的子目录。对这些新子实验的命名可指示其衍生情况，如下所示：

- 将下划线附加到创建者的实验名称。
- 添加以下代码字母之一：`f` 代表派生，`x` 代表执行，`c` 代表其他后续进程。
- 在代码字母后添加一个表示派生或执行的索引的数字。不管是否成功启动了进程，都会应用此数字。

- 附加实验后缀 `.er` 以构成完整的实验名称。

例如，如果初始进程的实验名称为 `test.1.er`，则其第三个派生创建的子进程的实验为 `test.1.er/_f3.er`。如果该子进程执行新映像，则对应的实验名称为 `test.1.er/_f3_x1.er`。后续实验由与父实验相同的文件组成，但是它们没有后续实验（所有后续实验都由初始实验中的子目录表示），而且它们没有归档子目录（所有归档都在初始实验中进行）。

缺省情况下，MPI 程序的数据收集到 `test.1.er` 中，而 MPI 进程的所有数据都收集到子实验中，每个等级一个子实验。收集器使用 MPI 等级以格式 `M_rm.er` 构造子实验名称，其中 `m` 是 MPI 等级。例如，MPI 等级 1 的子实验数据将记录在 `test.1.er/M_r1.er` 目录中。

缺省情况下，内核上的实验命名为 `ktest.1.er` 而不是 `test.1.er`。当同时收集用户进程的数据时，内核实验将包含每个跟随的用户进程所对应的子实验。内核子实验的命名格式为 `_process-name_PID_process-id.1.er`。例如，在进程 ID 1264 下运行的 `sshd` 进程上所运行的实验将命名为 `ktest.1.er/_sshd_PID_1264.1.er`。

动态函数

目标创建动态函数的实验在 `map.xml` 文件中具有描述这些函数的附加记录，还具有一个附加文件 `dyntext`，该文件包含动态函数的实际指令的副本。生成动态函数的带注释反汇编时需要该副本。

Java 实验

Java 实验在 `map.xml` 文件中具有附加记录，这两个记录用于 JVM 软件因其内部目的而创建的动态函数和目标 Java 方法的动态编译 (HotSpot) 版本。

此外，Java 实验具有一个 `JAVA_CLASSES` 文件，该文件包含有关调用的所有用户 Java 类的信息。

使用 JVMTI 代理记录 Java 跟踪数据，该代理是 `libcollector.so` 的一部分。该代理接收映射到记录的跟踪事件中的事件。该代理还接收类装入和 HotSpot 编译（用于写入 `JAVA_CLASSES` 文件）的事件以及 `map.xml` 文件中 Java 编译的方法记录。

记录实验

您可以按三种不同的方式记录用户模式目标上的实验：

- 使用 `collect` 命令
- 使用 `dbx` 创建进程
- 使用 `dbx` 从正在运行的进程创建实验

分析器 GUI 中的“性能收集”窗口中运行 `collect` 实验。

collect 实验

使用 `collect` 命令记录实验时，`collect` 实用程序会创建实验目录，并设置 `LD_PRELOAD` 环境变量，以确保将 `libcollector.so` 及其他 `libcollector` 模块预装入到目标的地址空间中。然后，该 `collect` 实用程序设置环境变量，将实验名称和数据收集选项通知 `libcollector.so`，并执行自己顶部的目标。

`libcollector.so` 及其相关模块负责写入所有实验文件。

创建进程的 dbx 实验

在启用数据收集的情况下使用 `dbx` 启动进程时，`dbx` 还会创建实验目录，并确保预装入 `libcollector.so`。然后 `dbx` 在其第一个指令前的断点处停止进程，并调用 `libcollector.so` 中的初始化例程以启动数据收集。

Java 实验不能由 `dbx` 收集，因为 `dbx` 使用 Java 虚拟机调试接口 (Java Virtual Machine Debug Interface, JVMDI) 代理进行调试，而该代理无法与数据收集所需的 Java 虚拟机工具接口 (Java Virtual Machine Tools Interface, JVMTI) 代理共存。

正在运行的进程上的 dbx 实验

在正在运行的进程上使用 `dbx` 启动实验时，`dbx` 会创建实验目录，但不能使用 `LD_PRELOAD` 环境变量。`dbx` 对目标进行交互式函数调用以打开 `libcollector.so`，然后调用 `libcollector.so` 初始化例程，就像它创建进程时那样。与 `collect` 实验中一样，数据由 `libcollector.so` 及其模块写入。

由于进程启动时 `libcollector.so` 不在目标地址空间中，因此取决于插入用户可调用函数（同步跟踪、堆跟踪、MPI 跟踪）的任何数据收集可能都不起作用。通常，符号已经解析为底层函数，因此无法发生插入。此外，以下子孙进程也取决于插入，对于 `dbx` 在正在运行的进程上创建的实验无法正常工作。

如果在使用 `dbx` 启动进程之前或者在使 `dbx` 附加到正在运行的进程之前已显式预装入 `libcollector.so`，可以收集跟踪数据。

解释性能度量

每个事件的数据都包含高精度时间戳、线程 ID 和 CPU ID。这些项可用于在性能分析器中按时间、线程或 CPU 过滤度量。有关 CPU ID 的信息，请参见 `getcpuid(2)` 手册页。在 `getcpuid` 不可用的系统上，处理器 ID 为 -1（它映射为“未知”）。

除了通用数据外，每个事件还生成特定的原始数据，将在以下各节中对此进行描述。每节还将介绍从原始数据派生的度量的准确性，以及数据收集对度量的影响。

基于时钟的分析

基于时钟的分析的事件特定数据由分析间隔计数的数组组成。在 Oracle Solaris 上，提供了间隔计数器。在分析间隔结束时，相应的间隔计数器加 1，并安排另一个分析信号。仅当 Solaris 线程进入 CPU 用户模式时，才记录和重置数组。重置数组包括将用户 CPU 状态的数组元素设置为 1，将所有其他状态的数组元素设置为 0。在重置数组之前，进入用户模式时会记录数组数据。因此，数组包含自上次进入用户模式以来进入的每个微状态的计数累积（内核为每个 Solaris 线程维护十个微状态）。在 Linux 操作系统上，不存在微状态；唯一的间隔计数器是“用户 CPU 时间”。

在记录数据的同时记录调用堆栈。如果在分析间隔结束时 Solaris 线程未处于用户模式，则在线程再次进入用户模式之前调用堆栈无法更改。因此，调用堆栈总是会在每个分析间隔结束时准确记录程序计数器的位置。

Oracle Solaris 上每个微状态提供的度量显示在表 6-1 中。

表 6-1 内核微状态如何服务于度量

内核微状态	说明	度量名称
LMS_USER	在用户模式下运行	用户 CPU 时间
LMS_SYSTEM	在系统调用或缺页时运行	系统 CPU 时间
LMS_TRAP	在出现任何其他陷阱时运行	系统 CPU 时间
LMS_TFAULT	在用户文本缺页时休眠	文本缺页时间
LMS_DFAULT	在用户数据缺页时休眠	数据缺页时间
LMS_KFAULT	在内核缺页时休眠	其他等待时间
LMS_USER_LOCK	等待用户模式锁定时休眠	用户锁定时间
LMS_SLEEP	由于任何其他原因而休眠	其他等待时间
LMS_STOPPED	已停止 (/proc、作业控制或 lwp_stop)	其他等待时间
LMS_WAIT_CPU	等待 CPU	等待 CPU 时间

计时度量的准确性

计时数据是基于统计收集的，因此易于出现任何统计抽样方法的所有误差。对于时间非常短的运行（仅记录少量分析数据包），调用堆栈可能不能表示程序中使用大多数资源的各部分。因此应以足够长的时间或足够多的次数运行程序，以累积感兴趣的函数或源代码行的数百个分析数据包。

除了统计抽样误差外，收集和归属数据的方式以及程序在系统中前进方式也会引起特定的误差。以下是计时度量可能出现不准确或失真的一些情况：

- 创建线程时，记录第一个分析数据包之前所用的时间少于分析间隔，但是整个分析间隔取决于第一个分析数据包中记录的微状态。如果创建了许多线程，则误差可能是分析间隔的许多倍。
- 销毁线程时，在记录最后一个分析数据包后会消耗一些时间。如果销毁了许多线程，则误差可能是分析间隔的许多倍。
- 在分析间隔期间可能发生线程的重新调度。因此，记录的线程状态可能不能表示消耗大部分分析间隔的微状态。如果要运行的线程多于要运行它们的处理器，则误差很可能更大。
- 程序可以与系统时钟相关联的方式运行。在这种情况下，如果线程处于可能表示所用的一小部分时间的状态，而为特定程序部分记录的调用堆栈被过度表示，则分析间隔始终会过期。在多处理器系统上，分析信号可以引入相关性：记录微状态时，在运行程序的线程时由分析信号中断的处理器很可能处于陷阱 CPU 微状态。
- 分析间隔过期时，内核记录微状态值。如果系统负载过重，则该值可能无法表示进程的真实状态。在 Oracle Solaris 上，此情况很可能会导致对陷阱 CPU 或等待 CPU 微状态的过多记帐。
- 系统时钟与外部源同步时，在分析数据包中记录的时间戳不反映分析间隔，但包括对时钟进行的任何调整。时钟调整可能使分析数据包看起来已丢失。涉及的时间段通常为几秒，并且调整是以增量方式进行的。
- 动态更改其操作时钟频率的计算机上所记录的实验可能造成分析不准确。

除刚刚介绍的不准确性外，计时度量还会因收集数据的过程而失真。记录分析数据包所用的时间从不出现在程序的度量中，因为记录是由分析信号启动的。（这是相关性的另一个实例。记录过程中所用的用户 CPU 时间在所记录的任何微状态之间分配。结果是对用户 CPU 时间度量过少记帐，而对其他度量过多记帐。记录数据所用的时间量通常不到缺省分析间隔的 CPU 时间的百分之几。

计时度量的比较

如果将通过在基于时钟的实验中进行分析所获得的计时度量与通过其他方式获得的时间进行比较，则应该注意以下问题。

对于单线程应用程序，为进程记录的总线程时间通常精确到千分之几（与同一进程的 `gethrtime(3C)` 返回的值相比）。CPU 时间可能与由同一进程的 `gethrvtime(3C)` 返回的值相差几个百分点。如果负载过重，则差异可能更加明显。但是，CPU 时间差异并不表示系统失真，并且为不同函数、源代码行等报告的相对时间也不会显著失真。

性能分析器中报告的线程时间可能与 `vmstat` 报告的时间有很大差异，因为 `vmstat` 报告的是各 CPU 的线程时间总和。如果目标进程具有的 LWP 比它所运行的系统具有的 CPU 多，则性能分析器显示的等待时间比 `vmstat` 报告的长。

出现在性能分析器的“统计数据”标签和 `er_print` 统计显示中的微状态计时基于进程文件系统 `/proc` 使用报告，因此微状态中所用时间的记录具有很高的准确性。有关更多信息，请参见 `proc(4)` 手册页。可以将这些计时与 `<Total>` 函数（它将程序作为一个整体

表示)的度量进行比较,以获取聚集计时度量的准确性指示。但是,“统计数据”标签中显示的值可能包含其他基值,而<Total>的计时度量值中不包含这些基值。这些基值来自暂停数据收集的时间段。

用户 CPU 时间和硬件计数器循环时间是不同的,因为在将 CPU 模式切换到系统模式时会关闭硬件计数器。有关更多信息,请参见第 153 页中的“陷阱”。

硬件计数器溢出分析

硬件计数器溢出分析数据包括计数器 ID 和溢出值。该值可能大于计数器的溢出设置值,因为处理器在事件的溢出和记录之间会执行某些指令。尤其对循环和指令计数器来说,该值可能会更大,这些计数器的递增频率比诸如浮点运算或高速缓存未命中次数的计数器更快。记录事件中的延迟还意味着,通过调用堆栈记录的程序计数器地址并不精确对应于溢出事件。有关更多信息,请参见第 183 页中的“硬件计数器溢出的归属”。另请参见第 153 页中的“陷阱”的讨论。陷阱和陷阱处理程序可以导致报告的用户 CPU 时间和循环计数器报告的时间有很大差别。

动态更改其操作时钟频率的计算机上所记录的实验在基于周期的时间计数转换时显示不准确性。

收集的数据量取决于溢出值。选择过小的值可能会产生以下结果。

- 收集数据所用的时间可能是程序执行时间的很大一部分。收集运行可能要用大部分时间来处理溢出和写入数据而不是运行程序。
- 计数的很大一部分可能来自收集过程。这些计数被归属到收集器函数 `collector_record_counters`。如果看到此函数的计数很大,则表明溢出值过小。
- 数据的收集可以更改程序的行为。例如,如果要收集有关高速缓存未命中次数的数据,则大多数未命中可能是由刷新收集器指令以及分析高速缓存中的数据并将其替换为程序指令和数据所导致的。程序的高速缓存未命中次数看上去似乎很大,但是如果数据收集,则实际上高速缓存未命中次数可能非常小。

数据空间分析和内存空间分析

数据空间分析是对用于内存引用的硬件计数器分析的扩展。硬件计数器分析可以归属到用户函数、源代码行和指令的度量,但不归属到正在引用的数据对象的度量。缺省情况下,该收集器仅捕获用户指令地址。启用数据空间分析时,该收集器还捕获数据地址。**回溯**是一些计算机上使用的用于获取支持数据空间分析的性能信息的技术。启用回溯时,收集器回顾在硬件计数器事件发生之前执行的装入或存储指令,以查找可导致该事件的候选指令。在一些系统上,计数器是精确的,无需回溯。在 `collect -h` 命令的输出中,此类计数器用字 `precise` 表示。

数据空间分析是一个数据集合,它将针对导致事件的数据对象引用而非仅针对发生内存事件的指令报告内存相关事件(例如高速缓存未命中次数)。

内存空间分析与数据空间分析类似，但在内存空间分析中，针对内存子系统的组件（例如高速缓存行或页面）而非针对程序中的数据对象报告事件。当在与内存有关的精确计数器上前置+号时，将发生内存空间分析。

要允许进行数据空间分析，目标必须是使用 `-xhwcprof` 标志和 `-xdebugformat=dwarf -g` 标志为 SPARC 体系结构编译的 C、C++ 或 Fortran 程序。此外，收集的数据必须是与内存相关的计数器的硬件计数器分析数据，且必须在计数器名称上前置+号。如果在一个（非全部）与内存相关的计数器上前置了可选+，不带+的计数器将针对 `<<Unknown>` 数据对象报告数据空间数据，其子类型为 `Dataspace data not requested during data collection`。

在具有精确中断的计算机上，不需要回溯，内存空间分析不需要用于编译的 `-xhwcprof` 标志和 `-xdebugformat=dwarf -g` 标志。数据空间分析（即使在此类计算机上）不需要标志。

当实验包含数据空间或内存空间分析时，`er_print` 实用程序允许执行三条附加命令：`data_objects`、`data_single` 和 `data_layout` 以及与内存对象相关的各种命令。有关更多信息，请参见第 122 页中的“控制硬件计数器数据空间和内存对象列表的命令”。

此外，性能分析器包括两个与数据空间分析相关的标签（即“数据对象”标签和“数据布局”标签），以及用于内存对象的各种标签。请参见第 89 页中的““DataObjects”（数据对象）标签”、第 90 页中的““DataLayout”（数据布局）标签”和第 94 页中的““MemoryObjects”（内存对象）标签”。

运行不带其他参数的 `collect -h` 将列出硬件计数器，并指明这些计数器是否与装入、存储或装入存储相关以及它们是否精确。请参见第 25 页中的“硬件计数器溢出分析数据”。

同步等待跟踪

收集器通过跟踪对线程库 `libthread.so` 中函数的调用或对实时扩展库 `librt.so` 的调用来收集同步延迟事件。事件特定的数据由请求和授权的高精度时间戳（跟踪的调用的开始和结束）以及同步对象（例如，请求的互斥锁）的地址组成。线程 ID 和 LWP ID 是记录数据时的 ID。等待时间是请求时间和授权时间之间的差值。仅记录其等待时间超过指定阈值的事件。同步等待跟踪数据在授权时记录在实验中。

等待线程不能执行任何其他工作，直到导致延迟的事件完成为止。等待所用时间同时显示为同步等待时间和用户锁定时间。用户锁定时间可能比同步等待时间长，因为同步延迟阈值筛去了短期延迟。

数据收集的开销使等待时间失真。该开销与收集的事件数成比例。通过增加用于记录事件的阈值，可以最大限度地减少开销中所用的等待时间部分。

堆跟踪

收集器通过插入内存分配和解除分配函数 `malloc`、`realloc`、`memalign` 和 `free` 来记录对这些函数的调用的跟踪数据。如果程序分配内存时忽视这些函数，则不记录跟踪数据。不记录 Java 内存管理（它使用不同的机制）的跟踪数据。

跟踪的函数可能从许多库中的任一个库装入。在性能分析器中看到的数据可能取决于从其装入给定函数的库。

如果程序在很短的时间段内发出对被跟踪函数的大量调用，则执行程序所用的时间可能会大大延长。额外的时间将用于记录跟踪数据。

MPI 跟踪

MPI 跟踪基于修改的 `VampirTrace` 数据收集器。有关更多信息，请参见 [Technische Universität Dresden Web 站点](#)上的 `VampirTrace` 用户手册。

调用堆栈和程序执行

调用堆栈是一系列程序计数器 (program counter, PC) 地址，表示来自程序内的指令。第一个 PC 称为 **叶 PC**，它位于堆栈的底部，是要执行的下一条指令的地址。下一个 PC 是对包含叶 PC 的函数的调用的地址；下一个 PC 是对该函数的调用的地址，依此类推，直至到达堆栈的顶部。每个这样的地址称为**返回地址**。记录调用堆栈的过程涉及从程序堆栈获取返回地址，这称为**展开堆栈**。有关展开失败的信息，请参见第 161 页中的“**不完全的堆栈展开**”。

调用堆栈中的叶 PC 用于将独占度量从性能数据分配到该 PC 所在的函数。堆栈中的每个 PC（包括叶 PC）用于将非独占度量分配到它所在的函数。

大多数时候，已记录调用堆栈中的 PC 自然地对应于出现在程序源代码中的函数，而且性能分析器的已报告度量直接对应于这些函数。但是，有时程序的实际执行并不与程序执行方式的简单直观模型相对应，而且性能分析器的已报告度量可能会引起混淆。有关此类情况的更多信息，请参见第 162 页中的“**将地址映射到程序结构**”。

单线程执行和函数调用

程序执行的最简单案例是单线程程序调用它自己的装入对象内的函数。

将程序装入到内存中开始执行时，会为其建立上下文，包括要执行的初始地址、初始寄存器集和堆栈（用于存储临时数据和用于跟踪函数如何相互调用的内存区域）。初始地址始终位于函数 `_start()`（它内置于每个可执行程序中）的开头。

程序运行时，将按顺序执行指令，直至遇到分支指令，该指令以及其他指令可能表示函数调用或条件语句。在分支点上，控制权转移到分支目标指定的地址，然后从该地址继续执行。（通常，已提交分支后的下一条指令以供执行：此指令称为分支延迟槽指令。但是，有些分支指令会取消分支延迟槽指令的执行。

当执行表示调用的指令序列时，返回地址被放入寄存器，且在被调用函数的第一条指令处继续执行。

在大多数情况下，在被调用函数的前几个指令中的某个位置，一个新帧（用于存储有关函数的信息的内存区域）会被推到堆栈上，而返回地址被放入该帧。然后，在被调用函数本身调用其他函数时可以使用用于返回地址的寄存器。函数即将返回时，将其帧从堆栈中弹出，而且控制权返回到从其调用该函数的地址。

共享对象之间的函数调用

一个共享对象中的函数调用另一个共享对象中的函数时，其执行情况比在程序内对函数的简单调用更复杂。每个共享对象都包含一个程序链接表 (Program Linkage Table, PLT)，该表包含位于该共享对象外部并从该共享对象引用的每个函数的条目。最初，PLT 中每个外部函数的地址实际上是 `ld.so`（即动态链接程序）内的地址。第一次调用这样的函数时，控制权将转移到动态链接程序，该动态链接程序会解析对实际外部函数的调用并为后续调用修补 PLT 地址。

如果在执行三个 PLT 指令之一的过程中发生分析事件，则 PLT PC 会被删除，并将独占时间归属到调用指令。如果在通过 PLT 条目首次调用期间发生分析事件，但是叶 PC 不是 PLT 指令之一，PLT 和 `ld.so` 中的代码引起的任何 PC 都将归属到人工函数 `@plt` 中，该函数将累计非独占时间。每个共享对象都存在一个这样的人工函数。如果程序使用 `LD_AUDIT` 接口，则可能从不修补 PLT 条目，而且来自 `@plt` 的非叶 PC 可能发生得更频繁。

信号

将信号发送到进程时，会发生各种寄存器和堆栈操作，使得发送信号时的叶 PC 看起来好像是对系统函数 `sigacthandler()` 的调用的返回地址。`sigacthandler()` 调用用户指定的信号处理程序，就像任何函数调用另一个函数一样。

性能分析器将信号传送产生的帧视为普通帧。传送信号时的用户代码显示为调用系统函数 `sigacthandler()`，而 `sigacthandler()` 又显示为调用用户的信号处理程序。来自 `sigacthandler()` 和任何用户信号处理程序以及它们调用的任何其他函数的非独占度量，都显示为中断函数的非独占度量。

收集器通过插入 `sigaction()`，以确保其处理程序在收集时钟数据时是 `SIGPROF` 信号的主处理程序，而在收集硬件计数器溢出数据时是 `SIGEMT` 信号的主处理程序。

陷阱

陷阱可以由指令或硬件发出，而且由陷阱处理程序捕获。系统陷阱是指通过指令启动的陷阱，它们会陷入内核。所有系统调用均使用陷阱指令实现。一些硬件陷阱示例包括：当浮点单元无法完成指令或者当指令无法在硬件中实现时，浮点单元会发出硬件陷阱。

当发出陷阱时，内核将进入系统模式。在 Oracle Solaris 上，微状态通常从用户 CPU 状态切换到陷阱状态，再切换到系统状态。处理陷阱所用的时间可以显示为系统 CPU 时间和用户 CPU 时间的组合，具体取决于切换微状态的时间点。该时间被归属到用户代码中从其启动陷阱的指令（或归属到系统调用）。

对于某些系统调用，提供尽可能高效的调用处理被认为是很关键的。由这些调用生成的陷阱称为**快速陷阱**。生成快速陷阱的系统函数包括 `gethrtime` 和 `gethrvtime`。在这些函数中，由于涉及到的开销，所以不会切换微状态。

在其他情况下，提供尽可能高效的陷阱处理也被认为是很关键的。其中的一些示例是 TLB（translation lookaside buffer，转换后备缓冲器）未命中以及寄存器窗口溢出和填充，其中不切换微状态。

在这两种情况下，所用的时间都记录为用户 CPU 时间。但是，由于 CPU 模式已切换为系统模式，所以将关闭硬件计数器。因此，通过求出用户 CPU 时间和周期时间（最好在单一实验中记录）之间的差值，可以估算处理这些陷阱所用的时间。

有一种陷阱处理程序切换回用户模式的情况，那是 Fortran 中在 4 字节边界上对齐的 8 字节整数的未对齐内存引用陷阱。陷阱处理程序的帧出现在堆栈上，而对处理程序的调用可以出现在性能分析器中，归属到整数装入或存储指令。

指令陷入内核后，陷阱指令后的指令看起来要使用很长时间，这是因为它在内核完成陷阱指令的执行之前无法启动。

尾部调用优化

只要特定函数执行的最后一个操作是调用另一个函数，编译器就可以执行一种特定的优化。被调用方可重用来自调用方的帧，而不是生成新的帧，而且可从调用方复制被调用方的返回地址。此优化的动机是减小堆栈的大小，以及（在 SPARC 平台上）减少对寄存器窗口的使用。

假定程序源代码中的调用序列与如下所示类似：

```
A -> B -> C -> D
```

对 B 和 C 进行尾部调用优化后，调用堆栈看起来好像是函数 A 直接调用函数 B、C 和 D。

```
A -> B
A -> C
A -> D
```

也就是说，调用树被展平。使用 `-g` 选项编译代码时，尾部调用优化仅发生在编译器优化级别 4 或更高级别上。在不使用 `-g` 选项的情况下编译代码时，尾部调用优化发生在编译器优化级别 2 或更高级别上。

显式多线程

简单的程序在单线程中执行。多线程可执行程序调用线程创建函数（执行的目标函数会传递到该函数）。目标退出时，会销毁线程。

Oracle Solaris 支持两种线程实现：Solaris 线程和 POSIX 线程 (Pthread)。从 Oracle Solaris 10 开始，这两种线程实现都包括在 `libc.so` 中。

对于 Solaris 线程，新创建的线程从名为 `_thread_start()` 的函数开始执行，该函数调用在线程创建调用中传递的函数。对于涉及此线程执行的目标的任何调用堆栈，堆栈的顶部是 `_thread_start()`，与线程创建函数的调用方没有任何联系。因此，与所创建的线程关联的非独占度量最多仅向上传播至 `_thread_start()` 和 `<Total>` 函数。除了创建线程外，Solaris 线程实现还在 Solaris 上创建 LWP 以执行线程。每个线程都绑定到特定的 LWP。

Oracle Solaris 和 Linux 中都提供了用于显式多线程的 Pthread。

在这两种环境中，为创建新线程，应用程序会调用 Pthread API 函数 `pthread_create()`，将指针作为函数参数之一传递到应用程序定义的启动例程。

在早于 Oracle Solaris 10 的 Solaris 版本上，新的 pthread 开始执行时，将会调用 `_lwp_start()` 函数。从 Oracle Solaris 10 开始，`_lwp_start()` 调用中间函数 `_thrp_setup()`，该中间函数随后调用在 `pthread_create()` 中指定的应用程序定义的启动例程。

在 Linux 操作系统上，新的 pthread 开始执行时，将会运行 Linux 特定的系统函数 `clone()`，该系统函数调用另一个内部初始化函数 `pthread_start_thread()`，该初始化函数又调用在 `pthread_create()` 中指定的应用程序定义的启动例程。可用于收集器的 Linux 度量收集函数是线程特定的。因此，`collect` 实用程序运行时，会在 `pthread_start_thread()` 和应用程序定义的线程启动例程之间插入一个名为 `collector_root()` 的度量收集函数。

基于 Java 技术的软件执行概述

对于典型的开发者，基于 Java 技术的应用程序就像任何其他程序那样运行。此类应用程序从主入口点（通常名为 `class.main`，可以调用其他方法）开始，就像 C 或 C++ 应用程序那样。

对于操作系统，使用 Java 编程语言（纯 Java 或与 C/C++ 混合）编写的应用程序作为实例化 JVM 软件的进程运行。JVM 软件是从 C++ 源代码编译的，从 `_start`（它会调用

main 等) 开始执行。它从 .class 和/或 .jar 文件读取字节码, 并执行在该程序中指定的操作。可以指定的操作包括动态装入本机共享对象以及调用该对象内包含的各种函数或方法。

JVM 软件可以执行许多用传统语言编写的应用程序通常不能执行的操作。启动时, 该软件会在其数据空间中创建许多动态生成的代码的区域。其中一个区域是用于处理应用程序的字节码方法的实际解释器代码。

在执行基于 Java 技术的应用程序期间, JVM 软件解释大多数方法; 这些方法称为**已解释的方法**。Java HotSpot 虚拟机会在解释字节码以检测频繁执行的方法时监视性能。然后, Java HotSpot 虚拟机可能编译重复执行的方法, 以生成这些方法的机器码。生成的方法称为**已编译的方法**。之后, 虚拟机执行更高效的已编译方法, 而不是解释方法的原始字节码。已编译的方法会被装入应用程序的数据空间, 并且可能会在之后的某个时间点卸载它们。此外, 还会在数据空间中生成其他代码以执行已解释代码和已编译代码之间的转换。

用 Java 编程语言编写的代码还可以直接调用本机编译的代码 (C、C++ 或 Fortran); 此类调用的目标称为本机方法。

用 Java 编程语言编写的应用程序本身就是多线程的, 对于用户程序中的每个线程, 都具有一个 JVM 软件线程。Java 应用程序还具有若干个内务处理线程, 用于信号处理、内存管理和 Java HotSpot 虚拟机编译。

在 J2SE 中的 JVMTI 上, 可通过各种方法实现数据收集。

Java 调用堆栈和机器调用堆栈

性能工具通过记录每个线程生存期中的事件, 以及发生事件时的调用堆栈来收集其数据。在执行任何应用程序的任意点上, 调用堆栈表示程序在其执行中所处的位置以及它如何到达该位置。混合模型 Java 应用程序区别于传统 C、C++ 和 Fortran 应用程序的一个重要方面是, 在运行目标的过程中的任何瞬间都存在两个有意义的调用堆栈: Java 调用堆栈和机器调用堆栈。这两个调用堆栈都在配置期间进行记录, 并在分析期间进行协调。

基于时钟的分析和硬件计数器溢出分析

用于 Java 程序的基于时钟的分析和硬件计数器溢出分析的工作方式与用于 C、C++ 和 Fortran 程序的情况基本相同, 不同之处在于前者会同时收集 Java 调用堆栈和机器调用堆栈。

Java 分析视图模式

性能分析器为用 Java 编程语言编写的应用程序提供了三种显示性能数据的视图模式: 用户模式、专家模式和计算机模式。缺省情况下, 将显示用户模式 (前提是数据支持它)。下一节汇总了这三种视图模式的主要差异。

Java 分析数据的用户视图模式

用户模式按名称显示已编译的和已解释的 Java 方法，并以其自然形式显示本机方法。在执行过程中，可能存在已执行的特定 Java 方法的许多实例：已解释的版本，也许还有一个或多个已编译的版本。在用户模式中，所有方法会被聚集显示为一个方法。缺省情况下，在分析器中选定此视图模式。

用户视图模式中 Java 方法的 PC 与方法中的方法 id 和字节码索引相对应；本机函数的 PC 与机器 PC 相对应。Java 线程的调用堆栈可能同时具有 Java PC 和机器 PC。它没有对应于 Java 内务处理代码（无 Java 表示法）的任何帧。在某些情况下，JVM 软件无法展开 Java 堆栈，将返回单个帧及特殊函数 `<no Java callstack recorded>`。通常，它占总时间的比例不会超过 5-10%。

用户模式中的函数列表针对所调用的 Java 方法和任何本机方法显示度量。调用方-被调用方标签显示用户模式中的调用关系。

Java 方法的源代码对应于 .java 文件（从中编译源代码，每个源代码行上都有度量）中的源代码。任何 Java 方法的反汇编显示为其生成的字节码，以及针对每个字节码的度量和交错的 Java 源代码（如果可用）。

Java 表示法中的时间线仅显示 Java 线程。每个线程的调用堆栈与其 Java 方法一起显示。

当前不支持 Java 表示法中的数据空间分析。

Java 分析数据的专家视图模式

专家模式类似于用户模式，只不过在用户模式下禁止的一些 JVM 内部详细信息会在专家模式中公开。对于专家模式，时间线显示所有线程；内务处理线程的调用堆栈是本机调用堆栈。

Java 分析数据的计算机视图模式

计算机模式显示来自 JVM 软件本身而不是来自 JVM 软件解释的应用程序的函数。该表示法还显示所有已编译方法和本机方法。计算机模式看起来与用传统语言编写的应用程序的计算机模式相同。调用堆栈显示 JVM 帧、本地帧和编译方法帧。一些 JVM 帧表示已解释的 Java、已编译的 Java 和本机代码之间的转换代码。

针对 Java 源代码显示已编译方法的源代码；数据表示所选已编译方法的特定实例。已编译方法的反汇编显示生成的机器汇编程序代码，而不是 Java 字节码。调用方-被调用方关系显示所有开锁帧，以及表示已解释方法、已编译方法和本机方法之间的转换的所有帧。

计算机视图模式中的时间线以条形图显示所有线程、LWP 或 CPU，而其中每项的调用堆栈都是调用堆栈的计算机模式。

OpenMP 软件执行概述

OpenMP 应用程序的实际执行模型在 OpenMP 规范中进行了描述（例如，请参见《[OpenMP Application Program Interface, Version 3.0](#)》中的 1.3 节）。但是，该规范未描述对用户可能很重要的一些实现详细信息，Oracle 的实际实现是这样的：通过直接记录的分析信息，用户并不能轻松了解线程是如何交互的。

在任何单线程程序运行时，其调用堆栈会显示其当前位置，以及如何到达那里的跟踪，跟踪从名为 `start` 的例程（该例程调用 `main`，后者又继续调用程序内的各种子例程）中的起始指令开始。如果子例程包含循环，则程序会重复执行循环内的代码，直至达到循环退出条件。然后继续执行下一个代码序列，依此类推。

通过 OpenMP（或通过自动并行化）并行化程序时，行为是不同的。该并行化程序的直观模型具有像单线程程序那样执行的主线程。当它到达并行循环或并行区域时，将出现其他从属线程（每个都是主线程的克隆），它们都并行执行循环或并行区域的内容，每个从属线程执行不同的工作块。在完成所有工作块时，所有线程都是同步的，从属线程将消失，而主线程继续运行。

并行化程序的实际行为并非如此简单。在 Oracle 实现中，当编译器为并行区域或循环（或任何其他 OpenMP 构造）生成代码时，将提取其内部的代码，并使之成为一个名为 *mfunction* 的独立函数。（也可以将它称为外联函数或循环体函数。）*mfunction* 的名称是对 OpenMP 构造类型、从中提取它的函数的名称以及该构造所在源代码行的行号进行编码的结果。这些函数的名称在分析器的专家模式和计算机模式下按以下形式显示，其中方括号中的名称是函数的实际符号表名称：

```
bardo_ -- OMP parallel region from line 9 [_$p1C9.bardo_]
atomsum_ -- MP doall from line 7 [_$d1A7.atomsum_]
```

还有其他形式的此类函数，它们是从其他源代码构造派生的，名称中的 `OMP parallel region` 会被替换为 `MP construct`、`MP doall` 或 `OMP sections`。在下面的讨论中，所有这些都统称为**并行区域**。

执行并行循环内代码的每个线程都可以多次调用其 *mfunction*，每次调用执行循环内的一个工作块。在所有工作块完成时，每个线程调用库中的同步或归约例程；然后主线程继续，而从属线程变为空闲状态，等待主线程进入下一个并行区域。所有调度和同步都是通过对 OpenMP 运行时的调用处理的。

在其执行过程中，并行区域内的代码可能执行一个工作块，或者它可能与其他线程同步，或者选择要执行的其他工作块。它还可能调用其他函数，而这些函数又可能会再调用其他函数。在并行区域内执行的从属线程（或主线程）可能本身（或者通过它调用的函数）充当主线程，并进入它自己的并行区域，从而导致嵌套并行操作。

分析器基于调用堆栈的统计抽样收集数据，跨所有线程聚集其数据，并针对函数、调用方和被调用方、源代码行和指令，基于所收集数据的类型显示性能度量。分析器按以下三种视图模式之一提供有关 OpenMP 程序性能的信息：用户模式、专家模式和计算机模式。

有关 OpenMP 程序的数据收集的更多详细信息，请参见 OpenMP 用户社区 Web 站点上的《An OpenMP Runtime API for Profiling》(<http://www.comunity.org/futures/omp-api.html>)。

OpenMP 分析数据的用户视图模式

分析数据的用户模式显示尝试提供信息，好像程序按照第 157 页中的“OpenMP 软件执行概述”中所述的直观模型实际执行一样。在计算机模式下显示的实际数据捕获运行时库 `libmtask.so`（它不对应于模型）的实现详细信息。专家模式显示为匹配模型而改变的混合数据和实际数据。

在用户模式下，更改了分析数据的显示以便更好地匹配模型，在以下三个方面不同于记录的数据和机器模式显示：

- 从 OpenMP 运行时库的角度来看，构造的人工函数表示每个线程的状态。
- 处理调用堆栈以报告对应于代码运行方式模型的数据，如上所述。
- 为基于时钟的分析实验构造另外两个性能度量，它们分别对应于执行有用工作所用的时间和在 OpenMP 运行时中等待所用的时间。度量为“OpenMP 工作”和“OpenMP 等待”。
- 对于 OpenMP 3.0 程序，又构造了一个度量“OpenMP 开销”。

人工函数

构造人工函数，并将其放置在用户模式和专家模式调用堆栈上，以反映线程在 OpenMP 运行时库中处于某个状态的事件。

定义了以下人工函数：

<code><OMP-overhead></code>	在 OpenMP 库中执行
<code><OMP-idle></code>	从属线程，等待工作
<code><OMP-reduction></code>	执行归约操作的线程
<code><OMP-implicit_barrier></code>	在隐式屏障处等待的线程
<code><OMP-explicit_barrier></code>	在显式屏障处等待的线程
<code><OMP-lock_wait></code>	等待锁定的线程
<code><OMP-critical_section_wait></code>	等待进入临界段的线程
<code><OMP-ordered_section_wait></code>	等待轮流进入排序段的线程
<code><OMP-atomic_section_wait></code>	等待 OpenMP 原子构造的线程。

当线程处于对应于其中一个人工函数的 OpenMP 运行时状态时，会将该人工函数作为堆栈上的叶函数添加。当线程的实际叶函数处于 OpenMP 运行时中的任意位置时，`<OMP-overhead>` 将作为叶函数替换它。否则，从用户模式堆栈中忽略 OpenMP 运行时中的所有 PC。

对于 OpenMP 3.0 程序，不使用 `<OMP-overhead>` 人工函数。由“OpenMP 开销”度量替换人工函数。

用户模式调用堆栈

对于 OpenMP 实验，用户模式显示重构的调用堆栈，这些重构的调用堆栈类似于在不使用 OpenMP 的情况下编译程序时获取的调用堆栈。目的在于与程序的直观了解相匹配的方式提供分析数据，而不是显示实际处理的所有详细信息。当 OpenMP 运行时库执行特定操作时，将协调主线程与从线程的调用堆栈并将人工 `<<OMP-*>` 函数添加到此调用堆栈。

OpenMP 度量

处理 OpenMP 程序的时钟分析事件时，将显示两个度量（它们分别对应于 OpenMP 系统中的两种状态所用的时间）：“OpenMP 工作”和“OpenMP 等待”。

只要从用户代码执行线程（不管串行执行还是并行执行），就会在“OpenMP 工作”中累计时间。只要线程正在等待某项，之后才能继续，就会在“OpenMP 等待”中累计时间，而不管等待是忙等待（自旋等待）还是休眠。这两个度量的总和与时钟分析中的“总线程”度量相匹配。

在用户模式、专家模式和计算机模式下显示“OpenMP 等待”和“OpenMP 工作”度量。

OpenMP 分析数据的专家视图模式

查看专家视图模式下的 OpenMP 实验时，如果 OpenMP 运行时正在执行某些特定操作，您将看到格式为 `<OMP-*>` 的人工函数，这一点类似于用户视图模式。但是，专家视图模式单独显示表示并行化循环、任务等的编译器生成的 `mfunction`。用户模式会将这些编译器生成的 `mfunction` 与用户函数聚集在一起。

OpenMP 分析数据的计算机视图模式

机器模式显示所有线程和编译器生成的外联函数的本机调用堆栈。

在执行的各个阶段中，程序的实际调用堆栈与上面在直观模型中描述的有很大差异。计算机模式将调用堆栈显示为已度量，没有进行转换，且没有构造人工函数。但是，仍显示时钟分析度量。

在下面的每个调用堆栈中，`libmtask` 表示 OpenMP 运行时库内调用堆栈中的一个或多个帧。就像屏障代码的内部实现或执行归约一样，出现哪些函数以及出现顺序的详细信息随 OpenMP 的发行版的不同而不同。

1. 在第一个并行区域之前

在进入第一个并行区域之前，只有一个线程，即主线程。调用堆栈与用户模式和专家模式下的完全相同。

主线程
foo
main
_start

2. 在并行区域中执行时

主线程	从属线程 1	从属线程 2	从属线程 3
foo-OMP...			
libmtnk			
foo	foo-OMP...	foo-OMP...	foo-OMP...
main	libmtnk	libmtnk	libmtnk
_start	_lwp_start	_lwp_start	_lwp_start

在机器模式下，从属线程显示为在 `_lwp_start` 中启动，而不是在 `_start`（主线程在其中启动）中启动。（在线程库的某些版本中，该函数可能显示为 `_thread_start`。对 `foo-OMP...` 的调用表示为并行化区域生成的 `mfunction`。

3. 所有线程都在屏障处时

主线程	从属线程 1	从属线程 2	从属线程 3
libmtnk			
foo-OMP...			
foo	libmtnk	libmtnk	libmtnk
main	foo-OMP...	foo-OMP...	foo-OMP...
_start	_lwp_start	_lwp_start	_lwp_start

与线程在并行区域中执行时不同，当线程在屏障处等待时，在 `foo` 和并行区域代码 `foo-OMP...` 之间没有来自 OpenMP 运行时的帧。原因是实际执行中不包括 OMP 并

行区域函数，但 OpenMP 运行时处理寄存器，以便堆栈展开显示从最后执行的并行区域函数到运行时屏障代码的调用。如果没有它，在机器模式下将无法确定哪个并行区域与屏障调用相关。

4. 离开并行区域之后

主线程	从属线程 1	从属线程 2	从属线程 3
foo			
main	libmstk	libmstk	libmstk
_start	_lwp_start	_lwp_start	_lwp_start

在从属线程中，没有用户帧位于调用堆栈上。

5. 在嵌套并行区域中时

主线程	从属线程 1	从属线程 2	从属线程 3	从属线程 4
	bar-OMP...			
foo-OMP...	libmstk			
libmstk	bar			
foo	foo-OMP...	foo-OMP...	foo-OMP...	bar-OMP...
main	libmstk	libmstk	libmstk	libmstk
_start	_lwp_start	_lwp_start	_lwp_start	_lwp_start

不完全的堆栈展开

堆栈展开在[第 151 页](#)中的“调用堆栈和程序执行”中定义。

堆栈展开可能由于多种原因而失败：

- 如果堆栈已被用户代码破坏；如果是这样，则程序可能进行信息转储，或者数据收集代码可能进行信息转储，具体取决于堆栈被破坏的确切方式。
- 如果用户代码不遵循函数调用的标准 ABI 约定。特别是，在 SPARC 平台上，如果在执行保存指令之前更改了返回寄存器 %o7。
在任何平台上，手工编写的汇编程序代码都可能违反约定。
- 如果在从堆栈中弹出被调用方的帧之后，但在函数返回之前，叶 PC 位于函数中。

- 如果调用堆栈包含的帧超过 250 个，则收集器没有用于完全展开调用堆栈的空间。在这种情况下，调用堆栈中从 `_start` 到某个点的函数的 PC 不会记录在实验中。人工函数 `<Truncated-stack>` 显示为从 `<Total>` 调用，以清点所记录的最上面的帧。
- 如果收集器无法在 x86 平台上展开优化的函数的帧。

中间文件

如果使用 `-E` 或 `-P` 编译器选项生成中间文件，则分析器将中间文件用于带注释的源代码，而不是原始源文件。使用 `-E` 生成的 `#line` 指令可能会导致为源代码行分配度量时出现问题。

如果函数中的指令没有行号（这些行号引用为生成该函数而编译的源文件），则带注释的源代码中会出现以下行：

```
function_name -- <instructions without line numbers>
```

在以下情况下可能缺少行号：

- 编译时未指定 `-g` 选项。
- 调试信息在编译后被剥离，或者包含该信息的可执行文件或目标文件被移动或删除或者随后被修改。
- 函数包含从 `#include` 文件而不是从原始源文件生成的代码。
- 在进行较高级别优化时，如果代码从不同文件中的函数内联。
- 源文件具有引用某个其他文件的 `#line` 指令；使用 `-E` 选项进行编译，然后再编译生成的 `.i` 文件是出现此情况的一种方式。使用 `-P` 标志编译时也可能出现此情况。
- 找不到读取行号信息的目标文件。
- 所用的编译器生成不完整的行号表。

将地址映射到程序结构

将调用堆栈处理为 PC 值后，分析器会将这些 PC 映射到程序中的共享对象、函数、源代码行和反汇编行（指令）。本节将介绍这些映射。

进程映像

运行程序时，会从该程序的可执行文件对进程进行实例化。该进程在其地址空间中具有许多区域，其中一些区域是文本，表示可执行指令，而另一些区域是通常不执行的数据。在调用堆栈中记录的 PC 通常对应于程序的某个文本段中的地址。

进程中的第一个文本段从可执行文件本身派生。其他文本段对应于与可执行文件一起装入（在启动进程时，或由进程动态装入）的共享对象。调用堆栈中的 PC 基于记录调用堆栈时装入的可执行文件和共享对象进行解析。可执行文件和共享对象非常类似，它们统称为装入对象。

由于可以在程序执行过程中装入和卸载共享对象，因此在运行期间的不同时间，任何给定的 PC 可能对应于不同的函数。此外，当卸载共享对象，然后在不同地址上重新装入它时，不同时间的不同 PC 可能对应于同一函数。

装入对象和函数

每个装入对象，不管是可执行文件还是共享对象，都包含一个文本段（含有编译器生成的指令）、一个存储数据的数据段以及各种符号表。所有装入对象都必须包含 ELF 符号表，该符号表提供该对象中所有全局已知函数的名称和地址。使用 `-g` 选项编译的装入对象包含附加的符号信息，该信息可以扩充 ELF 符号表，并提供有关非全局函数的信息、有关函数来自的对象模块的附加信息以及使地址与源代码行相关联的行号信息。

术语**函数**用于描述一组表示源代码中所述的高级别操作的指令。该术语涵盖 Fortran 中所用的子例程，C++ 和 Java 编程语言中所用的方法等等。函数在源代码中进行了清晰的描述，通常其名称出现在表示一组地址的符号表中；如果程序计数器位于该组中，则程序正在该函数内执行。

原则上，装入对象文本段中的任何地址都可以映射到函数。调用堆栈上的叶 PC 和所有其他 PC 都使用完全相同的映射。大多数函数直接对应于程序的源模型。有些函数却不是这样；将在以下各节中介绍这些函数。

有别名的函数

通常，函数被定义为全局函数，这意味着其名称在程序中的所有位置都是已知的。全局函数的名称在可执行文件中必须唯一。如果在地址空间中存在多个具有同一给定名称的全局函数，则运行时链接程序将解析对其中之一的所有引用。从不执行其他全局函数，因此它们不会出现在函数列表中。在“摘要”标签中，可以看到包含所选函数的共享对象和对象模块。

在不同情况下，一个函数可以具有若干个不同的名称。此情况的一个非常常见的示例是，将所谓的弱符号和强符号用于同一代码段。强名称通常与对应的弱名称相同，不同之处是它具有一个前导下划线。线程库中的许多函数还具有 `pthread` 和 Solaris 线程的备用名称，以及强名称、弱名称和备用内部符号。在所有此类情况下，分析器的函数列表中仅使用一个名称。所选名称是给定地址处按字母顺序排序的最后一个符号。此选择通常对应于用户将使用的名称。在“摘要”标签中，将显示所选函数的所有别名。

非唯一函数名称

尽管有别名的函数反映同一代码段的多个名称，但是在某些情况下，多个代码段具有相同的名称：

- 有时，由于模块化原因，函数被定义为静态的，这意味着其名称仅在程序的某些部分（通常为单个已编译的目标模块）中是已知的。在这样的情况下，引用程序完全不同部分的若干个同名函数将出现在分析器中。在“摘要”标签中，提供了其中每个函数的目标模块名称以便将它们区分开。此外，选择这些函数中的任何一个都可以用于显示该特定函数的源代码、反汇编以及调用方和被调用方。
- 有时，程序使用库中具有函数弱名称的包装函数或插入函数，并取代对该库函数的调用。有些包装函数调用库中的原始函数，在这种情况下，名称的两个实例都出现在分析器函数列表中。这样的函数来自不同的共享对象和不同的目标模块，这样它们彼此可以区分开。收集器包装某些库函数，而且包装函数和实际函数都可以出现在分析器中。

来自剥离共享库的静态函数

静态函数通常在库中使用，因此库内部使用的名称不会与用户可能使用的名称发生冲突。库被剥离后，静态函数的名称将从符号表中删除。在这种情况下，分析器会为包含剥离静态函数的库中的每个文本区域生成人工名称。该名称的格式为 `<static>@0x12345`，其中 @ 符号后的字符串是库中文本区域的偏离量。分析器无法区分连续的剥离静态函数和单个这样的函数，因此可能出现两个或多个这样的函数，且其度量合并在一起。

剥离静态函数显示为从正确的调用方进行调用，例外情况为静态函数中的 PC 是出现在静态函数中保存指令后的叶 PC 时。如果没有符号信息，则分析器不知道保存地址，无法断定是否将返回寄存器用作调用方。它会始终忽略返回寄存器。由于可以将若干个函数合并为一个 `<static>@0x12345` 函数，因此可能不能将实际调用方或被调用方与相邻函数区分开。

Fortran 备用入口点

Fortran 可使单个代码段具有多个入口点，允许调用方调用到函数的中间。在编译这样的代码时，它包含主入口点的序言 (prologue)、备用入口点的序言和函数的代码主体。每个序言为函数的最终返回设置堆栈，然后转移或下行到代码的主体。

每个入口点的序言代码始终对应于具有该入口点名称的文本区域，但是子例程主体的代码仅接收可能的入口点名称之一。接收的名称随编译器的不同而不同。

序言很少占用大量时间，而且对应于除了与子例程的主体关联的入口点之外的入口点的函数很少出现在分析器中。在具有备用入口点的 Fortran 子例程中表示时间的调用堆栈通常在子例程的主体而不是前言中具有 PC，而且只有与主体关联的名称才显示为被调用方。同样，来自子例程的所有调用都显示为从与子例程主体关联的名称进行。

克隆函数

编译器能够识别可以对其执行额外优化的函数调用。此类调用的一个示例是对其某些参数为常量的函数的调用。当编译器识别出它可以优化的特定调用时，会创建该函数的副本（称为克隆）并生成优化代码。克隆函数名称是标识特定调用的改编名称（mangled name）。分析器取消改编（demangle）该名称，并在函数列表中单独显示克隆函数的每个实例。每个克隆函数都具有不同的指令集，因此带注释的反汇编列表单独显示克隆函数。每个克隆函数都具有相同的源代码，因此带注释的源代码列表汇总了函数的所有副本的数据。

内联函数

内联函数是这样的函数：在函数的调用点上（而不是实际调用上）为其插入由编译器生成的指令。有两种类型的内联，执行它们都可提高性能，并且它们都影响分析器。

- C++ 内联函数定义。此情况下内联的理论基础是，调用函数的成本比内联函数完成的工作要大得多，因此最好只是在调用点上插入函数的代码，而不是设置调用。通常，访问函数被定义为进行内联，因为它们通常仅需要一条指令。使用 `-g` 选项进行编译时，会禁用函数内联；使用 `-g0` 编译时，允许函数内联，这是建议的做法。
- 在高优化级别（4 和 5）上，编译器执行显式或自动内联。甚至在打开 `-g` 时，也会执行显式和自动内联。这种类型内联的理论基础可能在于，节省了函数调用的成本，但更为常见的目的是提供可以优化寄存器使用和指令调度的更多指令。

这两种类型的内联对于度量的显示具有相同的效果。出现在源代码中但已被内联的函数不出现在函数列表中，也不显示为它们内联到的函数的被调用方。否则在内联函数的调用点上显示为非独占度量的度量（表示被调用函数中所用的时间）实际上将显示为归属到调用点的独占度量（表示内联函数的指令）。

注 - 内联可能会使数据难以解释，因此在编译程序以进行性能分析时，可能希望禁用内联。

在某些情况下，甚至在函数被内联时，会留下所谓的外部函数（out-of-line function）。某些调用点调用外部函数（out-of-line function），而其他调用点使指令内联。在这样的情况下，函数出现在函数列表中，但归属到该函数的度量仅表示外部调用（out-of-line call）。

编译器生成的主体函数

编译器并行化函数中的循环或具有并行化指令的区域时，将会创建初始源代码中不存在的新主体函数。第 157 页中的“OpenMP 软件执行概述”中介绍了这些函数。

在用户模式下，分析器不显示这些函数。在专家模式和计算机模式下，分析器将这些函数显示为常规函数，除了编译器生成的名称外，分析器还基于从其提取这些函数的函数为其分配名称。其独占度量和非独占度量表示在主体函数中所用的时间。此外，从其提取构造的函数显示每个主体函数的非独占度量。第 157 页中的“OpenMP 软件执行概述”介绍了实现这一方法。

内联一个包含并行循环的函数时，其编译器生成的主体函数的名称反映它所内联到的函数，而不是初始函数。

注 - 只有使用 `-g` 编译的模块才能取消改编 (demangle) 编译器生成主体函数的名称。

外联函数

可以在反馈优化编译期间创建外联函数。它们表示正常情况下不执行的代码，特别是在用于生成最终优化编译反馈的训练运行期间不执行的代码。一个典型的示例是，对来自库函数的返回值执行错误检查的代码；正常情况下从不运行错误处理代码。为改进分页和指令高速缓存行为，将这样的代码移动到地址空间的其他位置，并使其成为单独的函数。外联函数的名称对有关外联代码段的信息进行编码，包括从其提取代码的函数的名称和源代码中该段开头的行号。这些改编名称 (mangled name) 可能随发行版的不同而不同。分析器提供了函数名称的可读版本。

外联函数不会被真正调用，而是跳转到它们；同样，它们不返回，而是跳回。为了使该行为与用户的源代码模型更紧密地匹配，分析器将来自自主函数的人工调用转嫁于其外联部分。

外联函数显示为常规函数，具有相应的非独占度量和独占度量。此外，外联函数的度量作为代码从中进行外联的函数的非独占度量添加。

有关反馈优化编译的更多详细信息，请参见下列手册之一中的 `-xprofile` 编译器选项说明：

- 《Oracle Solaris Studio 12.3: C 用户指南》中的附录 B “C 编译器选项参考”
- 《Oracle Solaris Studio 12.3: C++ 用户指南》中的附录 A “C++ 编译器选项”
- 《Oracle Solaris Studio 12.3: Fortran 用户指南》中的第 3 章 “Fortran 编译器选项”

动态编译的函数

动态编译的函数是指程序执行时编译和链接的函数。收集器中并没有有关 C 或 C++ 编写的动态编译函数的信息，除非用户使用收集器 API 函数提供所需的信息。有关 API 函数的信息，请参见第 46 页中的“动态函数和模块”。如果未提供信息，则函数在性能分析工具中显示为 `<Unknown>`。

对于 Java 程序，收集器获取有关由 Java HotSpot 虚拟机编译的方法的信息，无需使用 API 函数提供信息。对于其他方法，性能工具显示有关执行方法的 JVM 软件的信息。在 Java 表示法中，所有方法都与已解释版本合并在一起。在机器表示法中，单独显示每个 HotSpot 编译的版本，且为每个已解释的方法显示 JVM 函数。

<Unknown> 函数

在某些情况下，PC 不会映射到已知函数。在这样的情况下，PC 会映射到名为 <Unknown> 的特殊函数。

以下情况显示映射到 <Unknown> 的 PC：

- 动态生成用 C 或 C++ 编写的函数，且未使用收集器 API 函数为收集器提供有关函数的信息时。有关收集器 API 函数的更多信息，请参见第 46 页中的“动态函数和模块”。
- 动态编译 Java 方法但禁用 Java 程序分析时。
- PC 对应于可执行文件或共享对象的数据段中的地址时。一种情况是 `libc.so` 的 SPARC V7 版本，在其数据段中有多个函数（例如，`.mul` 和 `.div`）。代码位于数据段中，以便库检测到该代码正在 SPARC V8 或 SPARC V9 平台上执行时可以动态重新编写该代码以使用机器指令。
- PC 对应于在实验中未记录的可执行文件的地址空间中的共享对象时。
- PC 不在任何已知的装入对象中时。最有可能的原因是展开失败，其中记录为 PC 的值根本不是 PC，而是某个其他字。如果 PC 是返回寄存器，并且看上去不在任何已知的装入对象中，则该 PC 会被忽略，而不是归属到 <Unknown> 函数。
- PC 映射到收集器没有其符号信息的 JVM 软件的内部部分时。

<Unknown> 函数的调用方和被调用方表示调用堆栈中的上一个和下一个 PC，并以常规方式处理。

OpenMP 特殊函数

构造人工函数，并将其放置到用户模式调用堆栈（这些用户模式调用堆栈反映线程在 OpenMP 运行时库内处于某个状态的事件）。定义了以下人工函数：

<OMP-overhead>	在 OpenMP 库中执行
<OMP-idle>	从属线程，等待工作
<OMP-reduction>	执行归约操作的线程
<OMP-implicit_barrier>	在隐式屏障处等待的线程
<OMP-explicit_barrier>	在显式屏障处等待的线程

<OMP-lock_wait>	等待锁定的线程
<OMP-critical_section_wait>	等待进入临界段的线程
<OMP-ordered_section_wait>	等待轮流进入排序段的线程

<JVM-System> 函数

在用户表示法中，<JVM-System> 函数表示 JVM 软件执行操作而不是运行 Java 程序所用的时间。在此时间间隔中，JVM 软件执行诸如垃圾收集和 HotSpot 编译之类的任务。缺省情况下，可在函数列表中看到 <JVM-System>。

<no Java callstack recorded> 函数

<no Java callstack recorded> 函数类似于 <Unknown> 函数，但它仅用于 Java 表示法中的 Java 线程。当收集器从 Java 线程收到事件时，收集器会展开本机堆栈并调用到 JVM 软件中，以获取对应的 Java 堆栈。如果该调用由于任何原因而失败，则该事件会与人工函数 <no Java callstack recorded> 一起显示在分析器中。为了避免死锁，或展开 Java 堆栈时导致过度同步，JVM 软件可能会拒绝报告调用堆栈。

<Truncated-stack> 函数

分析器为记录调用堆栈中各个函数的度量所用的缓冲区大小是有限的。如果调用堆栈大小变得如此大而导致缓冲区变满，则对调用堆栈大小的任何进一步增加都将强制分析器删除函数分析信息。由于在大多数程序中，大部分独占 CPU 时间用在叶函数中，因此分析器删除堆栈底部不太重要的函数（从入口函数 `_start()` 和 `main()` 开始）的度量。已删除函数的度量将合并到单个人工 <Truncated-stack> 函数中。<Truncated-stack> 函数也可能出现在 Java 程序中。

<Total> 函数

<Total> 函数是一个人工结构，用于将程序作为一个整体表示。除了归属到调用堆栈上的函数外，所有性能度量都归属到特殊函数 <Total>。该函数出现在函数列表的顶部，其数据可以用于为其他函数的数据提供透视。在“调用方-被调用方”列表中，它显示为所执行的任何程序的主线程中 `_start()` 的名义调用方，还显示为已创建线程的 `_thread_start()` 的名义调用方。如果堆栈展开是不完整的，则 <Total> 函数可能显示为 <Truncated-stack> 的调用方。

与硬件计数器溢出分析相关的函数

以下函数与硬件计数器溢出分析相关：

- `collector_not_program_related`：计数器与程序不相关。
- `collector_hwcs_out_of_range`：计数器似乎已超过溢出值，但未生成溢出信号。将会记录该值，并重置计数器。
- `collector_hwcs_frozen`：计数器似乎已超过溢出值并被停止，但溢出信号似乎已丢失。将会记录该值，并重置计数器。
- `collector_hwc_ABORT`：读取硬件计数器已失败（通常在特权进程已控制计数器时），导致硬件计数器收集终止。
- `collector_record_counter`：处理和记录硬件计数器事件时累积的计数，一部分用于说明硬件计数器溢出分析开销。如果这对应于 `<Total>` 计数的重要部分，则建议使用较大的溢出间隔（即，较低的精度配置）。

将性能数据映射到索引对象

索引对象表示可以通过每个包中记录的数据计算其索引的对象集。预定义的索引对象集包括：线程、CPU、样本和秒。其他索引对象可能是通过直接发出的或 `.er.rc` 文件中的 `er_print indxobj_define` 命令定义的。在分析器中，可以通过从“视图”菜单中选择“设置数据显示”，选择“标签”标签，然后单击“添加定制索引对象”按钮来定义索引对象。

对于每个包，将会计算索引，并将与包关联的度量添加到该索引处的索引对象。索引 -1 映射到 `<Unknown>` 索引对象。索引对象的所有度量都是独占度量，因为索引对象的分层表示都是没有意义的。

将数据地址映射到程序数据对象

当对应于内存操作的硬件计数器事件的 PC 已被处理，可以成功回溯到很可能引发事件的内存引用指令时，分析器将使用编译器在其硬件分析支持信息中提供的指令标识符和描述符派生关联的程序数据对象。

术语**数据对象**用于表示程序常量、变量、数组和聚集（如结构和联合），以及源代码中所述的各种聚集元素。数据对象的类型及其大小随源语言的不同而不同。许多数据对象是在源程序中显式命名的，而其他数据对象可能是未命名的。有些数据对象是从其他（更简单的）数据对象派生或聚集的，从而产生了一组丰富的、通常很复杂的数据对象。

每个数据对象都具有关联的范围，即在其中定义数据对象并可以引用数据对象的源程序区域，该区域可能是全局性的（如装入对象），也可能是特定的编译单元（目标文件）或函数。相同的数据对象可能是使用不同的范围定义的，或者是在不同的范围内以不同的方式引用的特定数据对象。

在启用回溯的情况下为内存操作的硬件计数器事件收集的数据派生度量被归属到关联的程序数据对象类型，并传播到包含数据对象和人工 <Total>（它被视为包含所有数据对象，其中包括 <Unknown> 和 <Scalars>）的任何聚集。<Unknown> 的不同子类型向上传播到 <Unknown> 聚集。下一节将介绍 <Total>、<Scalars> 和 <Unknown> 数据对象。

数据对象描述符

可以通过数据对象的声明类型和名称的组合来完整描述数据对象。简单的标量数据对象 {int i} 描述名为 i、类型为 int 的变量，而 {const+pointer+int p} 描述类型为 int、名为 p 的常量指针。类型名称中的空格将替换为下划线 (_)，未命名的数据对象用短划线 (-) 名称表示，例如：{double_precision_complex -}。

同样，对于 foo_t 类型的结构，将整个聚集表示为 {structure:foo_t}。聚集元素需要其容器的其他规范，例如，{structure:foo_t}.{int i} 表示 foo_t 类型的上一结构的 int 类型的成员 i。聚集本身也可以是（更大）聚集的元素，其对应描述符构造为聚集描述符的串联，并最终成为标量描述符。

虽然并不总是需要使用全限定描述符来消除数据对象的歧义，但是该描述符提供了完整的通用规范以协助标识数据对象。

<Total> 数据对象

<Total> 数据对象是一个人工结构，用于将程序的数据对象作为一个整体表示。除了归属到不同数据对象（以及它所属的任何聚集）外，所有性能度量都归属到特殊的数据对象 <Total>。该数据对象出现在数据对象列表的顶部，其数据可以用于为其他数据对象的数据提供透视。

<Scalars> 数据对象

聚集元素将其性能度量另外归属到其关联聚集的度量值，而所有标量常量和变量都将其性能度量另外归属到人工 <Scalars> 数据对象的度量值。

<Unknown> 数据对象及其元素

在许多情况下，不能将事件数据映射到特定的数据对象。在这样的情况下，将数据映射到名为 <Unknown> 的特殊数据对象及其元素之一，如下面所述。

- 带触发 PC 的模块未使用 -xhwcprof 编译
由于对象代码未通过硬件计数器分析支持进行编译，因此未识别任何引发事件的指令或数据对象。
- 查找有效分支目标的回溯失败
由于在编译对象中提供的硬件分析支持信息不足以验证回溯的有效性，因此未识别任何引发事件的指令。
- 回溯遍历到一个分支目标

由于回溯遇到了指令流中的控制转移目标，因此未识别任何引发事件的指令或数据对象。

- 编译器未提供任何标识描述符
回溯已确定很可能引发事件的内存引用指令，但是编译器未指定其关联的数据对象。
- 无类型信息
回溯已确定很可能引发事件的指令，但是编译器未将该指令识别为内存引用指令。
- 无法根据编译器提供的符号信息来确定
回溯已确定很可能引发事件的内存引用指令，但是编译器未识别它，因此不可能确定关联的数据对象。编译器临时文件通常是不可识别的。
- 跳转或调用指令阻止回溯
由于回溯遇到了指令流中的分支或调用指令，因此未识别任何引发事件的指令。
- 回溯找不到触发 PC
在最大回溯范围内未找到任何引发事件的指令。
- 无法确定 VA，因为寄存器在触发器指令后发生更改
由于在硬件计数器失控期间寄存器被覆盖，因此未确定数据对象的虚拟地址。
- 内存引用指令未指定有效的 VA
数据对象的虚拟地址看起来无效。

将性能数据映射到内存对象

内存对象是内存子系统组件，如高速缓存行、页面和内存区。对象是通过从所记录的虚拟地址和/或物理地址计算的索引确定的。为虚拟页面和物理页面预定义了内存对象，其大小可以为 8 KB、64 KB、512 KB 和 4 MB。您可以在 `er_print` 实用程序中使用 `mobj_define` 命令定义其他内存对象。您也可以使用分析器中的“添加内存对象”对话框（通过单击“设置数据显示”对话框中的“添加定制内存对象”按钮，可以打开该对话框）定义定制内存对象。

了解带注释的源代码和反汇编数据

带注释的源代码和带注释的反汇编代码可用于确定函数中哪些源代码行或指令造成性能低下，同时也可用于查看有关编译器如何在代码上执行转换的注释。本节介绍了注释过程，以及在解释带注释的代码时涉及的一些问题。

本章包含以下主题：

- 第 173 页中的“工具如何查找源代码”
- 第 174 页中的“带注释的源代码”
- 第 180 页中的“带注释的反汇编代码”
- 第 184 页中的““源”、“反汇编”和“PC”标签中的特殊行”
- 第 189 页中的“在不运行实验的情况下查看源代码/反汇编代码”

工具如何查找源代码

为了显示带注释的源代码和带注释的反汇编代码，性能分析器和 `er_print` 实用程序对于运行实验的程序所使用的源代码文件和装入对象文件必须具有访问权限。

首先在实验的 `archives` 目录中查找装入对象文件。如果在该目录中未找到，则将使用与下面所述的源文件和对象文件相同的算法查找这些文件。

在大多数实验中，源文件和对象文件按照完整路径的格式记录。Java 源文件还具有一个软件包名称，其中列出文件的目录结构。如果在记录实验的同一系统上查看实验，则可以使用完整路径找到源文件和装入对象。当实验移到其他计算机或者在其他计算机上查看实验时，这些完整路径可能无法访问。

可以使用两个补充方法来查找源文件和对象文件：路径映射和搜索路径。如果在 `archives` 子目录中没有找到装入对象文件，可以使用相同的方法来查找这些文件。

可以设置路径映射和搜索路径，帮助工具查找实验中引用的文件。在分析器中，使用“Set Data Preferences”（设置数据首选项）对话框的“Pathmaps”（路径映射）标签设置路径映射，并使用“Search Path”（搜索路径）标签设置搜索路径，如第 97 页中的“设置数

据表示选项”中所述。对于 `er_print` 实用程序，使用 `pathmap` 和 `setpath` 指令，如第 121 页中的“控制源文件搜索的命令”中所述。

首先将应用路径映射，并指定如何将完整文件路径的开头替换为其他路径。例如，如果将文件指定为 `/a/b/c/sourcefile`，并且 `pathmap` 指令指定将 `/a/` 映射到 `/x/y/`，则可以在 `/x/y/b/c/sourcefile` 中找到文件。如果 `pathmap` 指令将 `/a/b/c/` 映射到 `/x/`，则可以在 `/x/sourcefile` 中找到文件。

如果通过路径映射找不到文件，则将使用搜索路径。搜索路径提供了一个要为具有指定基名的文件搜索的目录列表，在上面的示例中，指定的基名为 `sourcefile`。可以使用 `setpath` 命令设置搜索路径，并使用 `addpath` 命令向搜索路径附加一个目录。对于 Java 文件，将尝试软件包名称，然后再尝试基名。

使用搜索路径中的每个目录来构造尝试搜索的完整路径。对于 Java 源文件，将构造两个完整路径，一个用于基名，另一个用于软件包名称。工具会将路径映射应用于每个完整路径，如果没有映射路径指向文件，则将尝试下一个搜索路径目录。

如果在搜索路径中没有找到文件，并且没有映射前缀与原始完整路径匹配，则将尝试原始完整路径。如果有任何路径映射前缀与原始完整路径匹配，但没有找到文件，则不会尝试原始完整路径。

请注意，缺省搜索路径包含当前目录和实验目录，因此一个使源文件可访问的方法是将源文件复制到这些位置之一，或者在这些位置中放置指向源文件当前位置的符号链接。

带注释的源代码

可在性能分析器中查看实验的带注释的源代码，方法是选择分析器窗口左窗格中的“源”标签。另外，可以使用 `er_src` 实用程序，在不运行实验的情况下查看带注释的源代码。本手册的此部分介绍了源代码如何在性能分析器中显示。有关使用 `er_src` 实用程序查看带注释的源代码的详细信息，请参见第 189 页中的“在不运行实验的情况下查看源代码/反汇编代码”。

分析器中的带注释的源代码包含以下信息：

- 初始源文件的内容
- 每行可执行源代码的性能度量
- 由于度量超过特定阈值而突出显示的代码行
- 索引行
- 编译器注释

性能分析器“源”标签布局

“源”标签分为若干列，其中左侧固定宽度的几列显示各个度量，右侧的其余部分显示带注释的源代码。

标识初始源代码行

在带注释的源代码中，所有以黑色显示的行都来自于初始源文件。在带注释的源代码列中，每行开头的数字与初始源文件中的行号对应。以不同颜色显示其中字符的行可能是索引行，也可能是编译器注释行。

“源”标签中的索引行

源文件是指可编译生成目标文件或解释为字节代码的任何文件。目标文件通常包含与源代码中的函数、子例程或方法对应的一个或多个可执行代码区域。分析器分析目标文件，标识每个作为函数的可执行区域，并尝试将其在目标代码中找到的函数映射至与目标代码相关联的源文件中的函数、例程、子例程或方法。当分析器操作成功后，它将在带注释的源文件中对应于在目标代码中找到的函数的第一条指令处添加一个索引行。

带注释的源代码会为每个函数（包括内联函数，即使内联函数没有在“函数”标签中的列表中显示）显示一个索引行。在“源”标签中以红色斜体显示索引行，且索引行中的文本括在尖括号中。类型最简单的索引行与函数的缺省上下文对应。任何函数的缺省源上下文都被定义为该函数的第一条指令所归属的源文件。以下示例显示了 C 函数 `icputime` 的索引行。

```

578. int
579. icputime(int k)
0.      0.      580. {
                    <Function: icputime>

```

从上面的示例能够看出，索引行紧跟在第一条指令行的后面。对于 C 源代码，第一条指令对应于函数体开头的开型花括号处。在 Fortran 源代码中，各个子例程的索引行跟在包含 `subroutine` 关键字的行后面。同样，`main` 函数索引行跟在应用程序启动时执行的第一个 Fortran 源代码指令的后面，如以下示例所示：

```

1. ! Copyright (c) 2006, 2010, Oracle and/or its affiliates. All Rights Reserved
2. ! @(#)omptest.f 1.11 10/03/24 SMI
3. ! Synthetic f90 program, used for testing openmp directives and the
4. !     analyzer
5.
0.      0.      0.      0.      6.     program omptest
                    <Function: MAIN>
7.
8. !$PRAGMA C (gethrtime, gethrvtime)

```

有时，分析器可能无法将它在对象代码中找到的函数映射至与该对象代码相关联的源文件中的任何编程指令；例如，可能从另一个文件（如某个头文件）执行代码 `#included` 或内联操作。

此外，以红色显示的行还有一些特殊索引行，以及其他一些不是编译器注释的特殊行。例如，由于编译器优化的原因，可能会为目标代码中的某个函数创建一个特殊索引行，但该索引行并不对应在任何源文件中编写的代码。有关详细信息，请参阅第 184 页中的““源”、“反汇编”和“PC”标签中的特殊行”。

编译器注释

编译器注释指示如何生成编译器优化代码。为了将编译器注释行同索引行及初始源代码行区分开，以蓝色显示编译器注释行。编译器的各个部分可将注释合并到可执行文件中。每个注释都与源代码的特定行相关联。当写入带注释的源代码后，任何源代码行的编译器注释会直接显示在源代码行的前面。

编译器注释描述为了优化源代码而对其进行的大量转换。这些转换包括循环优化、并行化、内联和流水线作业。以下显示了一个编译器注释的示例。

```

0.      0.      0.      0.      28.      SUBROUTINE dgemv_g2 (transa, m, n, alpha, b, ldb, &
29.      &          c, incc, beta, a, inca)
30.      CHARACTER (KIND=1) :: transa
31.      INTEGER (KIND=4) :: m, n, incc, inca, ldb
32.      REAL (KIND=8) :: alpha, beta
33.      REAL (KIND=8) :: a(1:m), b(1:ldb,1:n), c(1:n)
34.      INTEGER :: i, j
35.      REAL (KIND=8) :: tmr, wtime, tmrend
36.      COMMON/timer/ tmr
37.
Function wtime_ not inlined because the compiler has not seen
the body of the routine
0.      0.      0.      0.      38.      tmrend = tmr + wtime()

Function wtime_ not inlined because the compiler has not seen
the body of the routine
Discovered loop below has tag L16
0.      0.      0.      0.      39.      DO WHILE(wtime() < tmrend)

Array statement below generated loop L4
0.      0.      0.      0.      40.      a(1:m) = 0.0
41.

Source loop below has tag L6
0.      0.      0.      0.      42.      DO j = 1, n          ! <=-----\ swapped loop indices

Source loop below has tag L5
L5 cloned for unrolling-epilog. Clone is L19
All 8 copies of L19 are fused together as part of unroll and jam
L19 scheduled with steady-state cycle count = 9
L19 unrolled 4 times
L19 has 9 loads, 1 stores, 8 prefetches, 8 FPadds,
8 FPMuls, and 0 FPdivs per iteration
L19 has 0 int-loads, 0 int-stores, 11 alu-ops, 0 muls,
0 int-divs and 0 shifts per iteration
L5 scheduled with steady-state cycle count = 2
L5 unrolled 4 times
L5 has 2 loads, 1 stores, 1 prefetches, 1 FPadds, 1 FPMuls,
and 0 FPdivs per iteration
L5 has 0 int-loads, 0 int-stores, 4 alu-ops, 0 muls,
0 int-divs and 0 shifts per iteration
0.210  0.210  0.210  0.      43.      DO i = 1, m
4.003  4.003  4.003  0.050  44.      a(i) = a(i) + b(i,j) * c(j)
0.240  0.240  0.240  0.      45.      END DO
0.      0.      0.      0.      46.      END DO

```

```

                                47.      END DO
                                48.
0.      0.      0.      0.      49.      RETURN
0.      0.      0.      0.      50.      END

```

可以使用“设置数据表示”对话框中的“源/反汇编”标签来设置在“源”标签中显示的编译器注释类型；有关详细信息，请参见第 97 页中的“设置数据表示选项”。

通用子表达式删除

一种很常见的优化是可以识别在多个位置出现的同一个表达式，并可通过在一个位置生成该表达式的代码来提高性能。例如，如果在一个代码块的 `if` 和 `else` 分支同时出现了相同的操作，则编译器可以仅将该操作移到 `if` 语句前。同时，编译器将基于前面某次出现的该表达式为指令分配行号。如果分配给通用代码的行号与 `if` 结构的一个分支对应，并且该代码实际上始终包含另一个分支，则带注释的源代码会在不包含的分支内的行上显示度量。

循环优化

编译器可以执行多种类型的循环优化。部分比较常用的优化如下：

- 循环展开
- 循环剥离
- 循环交换
- 循环分裂
- 循环合并

循环展开是指在循环体中重复多次循环迭代，并相应调整循环索引的过程。随着循环体的增大，编译器能够更加有效地调度指令。同时降低由于循环索引递增和条件检查操作而引起的开销。循环的剩余部分则使用循环剥离进行处理。

循环剥离是指从循环中删除一定数量的循环迭代，并适当将它们移动至循环的前面或后面的过程。

循环交换可更改嵌套循环的顺序，以便最大程度地降低内存跨距 (memory stride)，最大程度地提高高速缓存行命中率。

循环合并是指将相邻或位置接近的循环合并为一个循环的过程。循环合并的优点与循环展开类似。此外，如果在两个预优化的循环中访问通用数据，则循环合并可以改进高速缓存定位 (cache locality)，从而为编译器提供更多利用指令级并行性的机会。

循环分裂与循环合并正好相反：它将一个循环分裂为两个或更多的循环。如果循环中的计算量过于庞大，导致寄存器溢进而造成性能降级，则有必要采用这种优化。如果一个循环中包含多个条件语句，也可以使用循环分裂。有时可以将循环分成两类：带条件语句的和不带条件语句的。这可以提高不带条件语句的循环中软件流水线作业的机会。

有时，对于嵌套式循环，编译器会先使用循环分裂来拆分循环，然后执行循环合并，以不同的方式将循环重新组合，以达到提高性能的目的。在这种情况下，您可以看到与以下注释类似的编译器注释：

```

Loop below fissioned into 2 loops
Loop below fused with loop on line 116
[116]   for (i=0;i<nvtxs;i++) {

```

函数内联

利用内联函数，编译器可将函数指令直接插在该函数的调用位置处，而不必执行真正的函数调用。这样，与 C/C++ 宏类似，内联函数的指令会在每个调用位置进行复制。编译器在高优化级别（4 和 5）执行显式内联或自动内联。内联可以节约函数调用方面的开销，并提供可以优化寄存器使用和指令调度的更多指令，但代价是代码会占用内存中较多的资源。以下为内联编译器注释的一个示例。

```

Function initgraph inlined from source file ptralias.c
into the code for the following line
0.      0.      44.      initgraph(rows);

```

注 - 在分析器的“源”标签中，编译器注释不会换行，即不会显示在两行上。

并行化

如果您的代码包含 Sun、Cray 或 OpenMP 并行化指令，则可经过编译在多个处理器上并行执行。编译器注释会指示执行过并行化操作和尚未执行并行化操作的位置，以及相应的原因。下面显示了一个并行化计算机注释的示例。

```

0.      6.324      9. c$omp parallel do shared(a,b,c,n) private(i,j,k)
Loop below parallelized by explicit user directive
Loop below interchanged with loop on line 12
0.010    0.010    [10]      do i = 2, n-1

Loop below not parallelized because it was nested in a parallel loop
Loop below interchanged with loop on line 12
0.170    0.170    11.      do j = 2, i

```

有关并行执行和编译器生成的主体函数的更多详细信息，请参阅第 157 页中的“OpenMP 软件执行概述”。

带注释的源代码中的特殊行

在“源”标签中，还可以看到有关某些特殊情况的另外几种注释，它们或者显示为编译器注释，或者显示为与索引行颜色相同的特殊行。有关详细信息，请参阅第 184 页中的““源”、“反汇编”和“PC”标签中的特殊行”。

源代码行度量

每行可执行代码的源代码度量都会在固定宽度的几列中显示出来。这些度量与函数列表中的度量相同。您可以使用 `.er.rc` 文件更改实验的缺省值；有关详细信息，请参见第 133 页中的“设置缺省值的命令”。您还可以在分析器中使用“设置数据显示”对话框更改显示的度量和突出显示的阈值；有关详细信息，请参见第 97 页中的“设置数据表示选项”。

带注释的源代码在源代码行级别显示应用程序的度量。该度量是通过使用记录在应用程序调用堆栈中的 PC（`program count`，程序计数），并将每个 PC 映射至源代码行的方式生成的。要生成带注释的源文件，分析器首先确定在特定目标模块（`.o` 文件）或装入对象中生成的所有函数，然后从每个函数扫描所有 PC 的数据。为了生成带注释的源代码，分析器必须能够找到并读取目标模块或装入对象来确定从 PC 至源代码行的映射，此外，它还必须能够读取源文件来生成要显示的带注释的副本。有关用于查找实验源代码的过程的说明，请参见第 173 页中的“工具如何查找源代码”。

编译过程要经过很多阶段，这取决于请求的优化级别，并且会发生转换，该转换会使指令到源代码行的映射变得混乱。对于某些优化，源代码行信息可能完全丢失，而对于其他优化，源代码行信息则可能变得混乱。编译器依赖各种试探操作来跟踪指令的源代码行，而这些试探操作不是绝对无误的。

解释源代码行度量

指令的度量必须解释为在等待执行指令时累积的度量。如果记录事件时执行的指令来自与叶 PC 相同的源代码行，则度量可以解释为由于执行了该源代码行的缘故。但是，如果叶 PC 与所执行的指令来自不同的源代码行，那么叶 PC 所属源代码行的度量中至少有一些度量必须解释为在等待执行此代码行时累积的度量。例如，当一个源代码行上计算的值被用在下一个源代码行上时。

当执行过程中存在严重的延迟（如高速缓存未命中或资源队列停止）或指令等待前一个指令返回结果时，如何解释度量的问题是最重要的问题。在这些情况下，源代码行的度量看上去很高（高得不太合理），应该查看代码中的其他邻近的行以找出导致高度量值的行。

度量格式

表 7-1 中说明了可能出现在带注释的源代码行上的四种度量格式。

表 7-1 带注释的源代码度量

度量	含义
(空白)	<p>程序中没有 PC 对应于该代码行。此情形应该始终适用于注释行，并且在下列情况下适用于出现的代码行：</p> <ul style="list-style-type: none"> 所出现的代码段的所有指令已在优化期间删除。 代码在其他地方重复，并且编译器执行通用子表达式识别并标记带有其他副本代码行的所有指令。 编译器用不正确的行号来标记该行的指令。
0.	<p>程序中的某些 PC 被标记为从该代码行派生，但没有数据引用这些 PC：它们从不会位于被抽样统计或被跟踪的调用堆栈中。度量不表示该行不执行，只是表示该行不以统计方式显示在分析数据包或记录的跟踪数据包中。</p>
0.000	<p>该行至少有一个 PC 出现在数据中，但是计算的度量值舍入为零。</p>
1.234	<p>归属于该行的所有 PC 的度量总计达到了显示的非零数值。</p>

带注释的反汇编代码

带注释的反汇编代码提供了函数或目标模块指令的汇编代码列表，以及与每个指令相关联的性能度量。带注释的反汇编代码有多种显示方法，具体取决于行号映射和源文件是否可用，以及请求其带注释的反汇编代码的函数的目标模块是否已知：

- 如果目标模块未知，则分析器只对指定函数的指令进行反汇编，并且不会在反汇编代码中显示任何源代码行。
- 如果目标模块已知，则针对目标模块内的所有函数进行反汇编。
- 如果源文件可用，并且记录了行号数据，则分析器可以根据显示首选项交错显示源代码和反汇编代码。
- 如果编译器已向目标代码中插入注释，则它也可交错显示在反汇编代码中（如果已经设置了相应的首选项）。

反汇编代码中的每个指令都用以下信息进行注释。

- 由编译器报告的源代码行号
- 它的相对地址
- 指令的十六进制表示（如果要求）
- 指令的汇编程序 ASCII 表示

调用地址尽可能解析为符号（如函数名称）。度量显示在指令行上，如果设置了相应的首选项，度量还可显示在任何交错显示的源代码中。源代码注释的可能度量值如表 7-1 所述。

对于在多个位置包含在 `#include` 中的代码，每次当代码包含在 `#include` 中时，代码的反汇编代码列表都会重复执行一次反汇编指令。只有在文件中首次显示反汇编代码的

重复块时，源代码才会交叉。例如，如果在名为 `inc_body.h` 的头文件中定义的代码块分别由 `inc_body`、`inc_entry`、`inc_middle` 和 `inc_exit` 四个函数 `#included`，则反汇编指令块将在 `inc_body.h` 的反汇编代码列表中出现四次，但是源代码仅在四个反汇编指令块的第一个块中交错显示。切换到“源”标签，可以看到与每次重复的反汇编代码对应的索引行。

索引行可以显示在“反汇编”标签中。与“源”标签不同的是，不能直接使用这些索引行进行导航。不过，将光标放在紧挨该索引行下方的其中一条指令上，然后选择“源”标签，可以导航至该索引行中引用的文件。

对其他文件中的代码执行了 `#include` 操作的文件会通过该操作包含的代码显示为不与源代码交错显示的原始反汇编指令。但是，将光标放在这些指令中的其中一条指令上，然后选择“源”标签，将打开包含 `#included` 代码的文件。在显示此文件时选择“反汇编”标签，将显示与源代码交错显示的反汇编代码。

内联函数的源代码可以与反汇编代码交错显示，但宏的源代码则不能与反汇编代码交错显示。

代码未优化时，每个指令的行号按顺序显示，源代码行和反汇编指令的交错显示以预期的方式进行。优化后，后面行的指令有时会显示在前面行的指令前面。分析器的交错显示算法为：只要指令显示为来自第 N 行，该行前所有源代码行（包括第 N 行）都会写入该指令前。优化的一个作用是源代码可以在控制转移指令与其延迟槽指令之间显示。与源代码的第 N 行关联的编译器注释就写在该行之前。

解释带注释的反汇编代码

解释带注释的反汇编代码并不是一项简单的工作。叶 PC 是要执行的下一条指令的地址，因此归属到某个指令的度量应该视为等待执行该指令所用的时间。不过，指令的执行并不总是按顺序发生，而且在记录调用堆栈时可能存在延迟。要利用带注释的反汇编代码，应该熟悉记录实验的硬件以及装入和执行指令的方式。

接下来的几个小节将讨论有关解释带注释的反汇编代码的一些问题。

指令发送分组

指令按组装入和发送（称为指令发送组）。组中包括哪些指令取决于硬件、指令类型、已执行的指令以及与其他指令或寄存器的各种相关性。因此，可能不会单独发送某些指令，因为它们始终与前一条指令在同一个时钟周期内发送，所以它们从不单独表示下一条要执行的指令。而且，在记录调用堆栈时，可能有多条指令被视为是下一条要执行的指令。

指令发送规则因处理器类型的不同而不同，并且还取决于高速缓存行内的指令对齐。由于链接程序比高速缓存行要求执行更精确的指令对齐，因此在看上去不相关的函数中进行的更改可能会导致指令的对齐方式不同。不同的对齐方式会引起性能的改进或降级。

下面列举了一种假设情况，即同一个函数在略微不同的环境下进行编译和链接的情况。以下两个输出示例均为 `er_print` 实用程序的带注释的反汇编代码列表。两个示例中的指令是相同的，但指令的对齐方式不同。

在以下输出示例中，指令的对齐方式是将 `cmp` 和 `bl,a` 两条指令映射到不同的高速缓存行，并且大量的时间都用于等待执行这两条指令。

Excl.	Incl.	
User CPU	User CPU	
sec.	sec.	
		1. static int
		2. ifunc()
		3. {
		4. int i;
		5.
		6. for (i=0; i<10000; i++)
		<function: ifunc>
0.010	0.010	[6] 1066c: clr %o0
0.	0.	[6] 10670: sethi %hi(0x2400), %o5
0.	0.	[6] 10674: inc 784, %o5
		7. i++;
0.	0.	[7] 10678: inc 2, %o0
## 1.360	1.360	[7] 1067c: cmp %o0, %o5
## 1.510	1.510	[7] 10680: bl,a 0x1067c
0.	0.	[7] 10684: inc 2, %o0
0.	0.	[7] 10688: retl
0.	0.	[7] 1068c: nop
		8. return i;
		9. }

在下一个输出示例中，指令的对齐方式是将 `cmp` 和 `bl,a` 两条指令映射到相同的高速缓存行，并且大量的时间都用于等待执行其中一条指令。

Excl.	Incl.	
User CPU	User CPU	
sec.	sec.	
		1. static int
		2. ifunc()
		3. {
		4. int i;
		5.
		6. for (i=0; i<10000; i++)
		<function: ifunc>
0.	0.	[6] 10684: clr %o0
0.	0.	[6] 10688: sethi %hi(0x2400), %o5
0.	0.	[6] 1068c: inc 784, %o5
		7. i++;
0.	0.	[7] 10690: inc 2, %o0
## 1.440	1.440	[7] 10694: cmp %o0, %o5
0.	0.	[7] 10698: bl,a 0x10694
0.	0.	[7] 1069c: inc 2, %o0
0.	0.	[7] 106a0: retl
0.	0.	[7] 106a4: nop
		8. return i;
		9. }

指令发送延迟

有时，会更频繁地出现特定的叶 PC，因为这些 PC 表示的指令在发送前被延迟。导致出现这种情况的原因有多种，下面列出了其中的一些原因：

- 执行前一条指令用了很长的时间，并且执行不能中断，例如指令陷入内核中时。
- 运算指令需要的寄存器不可用，因为该寄存器的内容是由前面尚未完成的指令设置的。具有数据高速缓存未命中的装入指令就是这种延迟的一个示例。
- 浮点运算指令正在等待另一个浮点指令完成。指令不能流水线作业时会出现这种情况，例如平方根和浮点除法。
- 指令高速缓存不存在包含指令的内存字（指令高速缓存未命中）。

硬件计数器溢出的归属

除某些平台上的 TLB 未命中外，硬件计数器溢出事件的调用堆栈按指令的顺序记录在后续的某些点上，而不是记录在发生溢出的点上，原因之一是处理由溢出产生的中断所用的时间。对于某些计数器（如发送的周期或指令），这种延迟无关紧要。对于其他计数器（例如，那些计数高速缓存未命中或浮点运算的计数器），度量被归属到导致溢出的指令之外的其他指令。通常，引起事件的 PC 只是记录的 PC 前的几条指令，而这些指令可以在反汇编代码列表中正确定位。但是，如果该指令范围内存在分支目标，那么要分辨哪条指令对应于引起事件的 PC 是很困难的，甚至是不可能的。对于计数内存访问事件的硬件计数器，如果该计数器名称带有加号 + 前缀，则收集器会搜索引起事件的 PC。以此方式记录的数据支持数据空间分析。有关更多信息，请参见第 149 页中的“数据空间分析和内存空间分析”和第 55 页中的“-h counter_definition_1...[, counter_definition_n]”。

如果系统中的处理器具有使用 `precise` 关键字标记的计数器，则允许进行内存空间分析，而不需要任何特殊的二进制文件编译。例如，SPARC T2、SPARC T3 和 SPARC T4 处理器提供多个精确的计数器。运行 `collect -h` 命令并查找 `precise` 关键字，确定系统是否允许内存空间分析。

例如，在配备 SPARC T4 处理器的系统上运行以下命令时，将会显示可用的精确原始计数器：

```
% collect -h | & grep -i precise | grep -v alias
Instr_ld[/{0|1|2|3}],1000003 (precise load-store events)
Instr_st[/{0|1|2|3}],1000003 (precise load-store events)
SW_prefetch[/{0|1|2|3}],1000003 (precise load-store events)
Block_ld_st[/{0|1|2|3}],1000003 (precise load-store events)
DC_miss_L2_L3_hit_nospec[/{0|1|2|3}],1000003 (precise load-store events)
DC_miss_local_hit_nospec[/{0|1|2|3}],1000003 (precise load-store events)
DC_miss_remote_L3_hit_nospec[/{0|1|2|3}],1000003 (precise load-store events)
DC_miss_nospec[/{0|1|2|3}],1000003 (precise load-store events)
```

“源”、“反汇编”和“PC”标签中的特殊行

性能分析器在“Source”（源）、“Disassembly”（反编译）和“PCs”（PC）标签中显示的某些行并不直接对应于代码行、指令行或程序计数器行。以下部分介绍了这些特殊的行。

外联函数

外联函数可以在反馈优化编译期间创建。在“源”标签和“反汇编”标签中，外联函数显示为特殊的索引行。在“源”标签中，在已转换为外联函数的代码块中会显示一条注释。

```

                                Function binsearchmod inlined from source file ptralias2.c into the
0.          0.          58.          if( binsearchmod( asize, &element ) ) {
0.240      0.240      59.          if( key != (element << 1) ) {
0.          0.          60.          error |= BINSEARCHMODPOSTESTFAILED;
                                <Function: main -- outline code from line 60 [$_o1B60.main]>
0.040     0.040     [ 61]          break;
0.          0.          62.          }
0.          0.          63.          }

```

在“反汇编”标签中，外联函数通常在文件结尾处显示。

```

                                <Function: main -- outline code from line 85 [$_o1D85.main]>
0.          0.          [ 85] 100001034: sethi    %hi(0x100000), %i5
0.          0.          [ 86] 100001038: bset    4, %i3
0.          0.          [ 85] 10000103c: or      %i5, 1, %l7
0.          0.          [ 85] 100001040: sllx   %l7, 12, %l5
0.          0.          [ 85] 100001044: call   printf ! 0x100101300
0.          0.          [ 85] 100001048: add    %l5, 336, %o0
0.          0.          [ 90] 10000104c: cmp    %i3, 0
0.          0.          [ 20] 100001050: ba,a   0x1000010b4
                                <Function: main -- outline code from line 46 [$_o1A46.main]>
0.          0.          [ 46] 100001054: mov    1, %i3
0.          0.          [ 47] 100001058: ba     0x100001090
0.          0.          [ 56] 10000105c: clr    [%i2]
                                <Function: main -- outline code from line 60 [$_o1B60.main]>
0.          0.          [ 60] 100001060: bset   2, %i3
0.          0.          [ 61] 100001064: ba     0x10000109c
0.          0.          [ 74] 100001068: mov    1, %o3

```

外联函数的名称显示在方括号中，并对外联代码段的有关信息进行编码，这些信息包括从中提取代码的函数名称以及源代码中该段的起始行号。这些改编名称 (mangled name) 可能随发行版的不同而不同。分析器提供了函数名称的可读版本。有关更多详细信息，请参阅第 166 页中的“外联函数”。

如果在收集应用程序的性能数据时调用了外联函数，则分析器会在带注释的反汇编代码中显示一个特殊行，以显示该函数的非独占度量。有关更多详细信息，请参见第 189 页中的“非独占度量”。

编译器生成的主体函数

编译器并行化函数中的循环或具有并行化指令的区域时，将会创建初始源代码中不存在的新主体函数。第 157 页中的“OpenMP 软件执行概述”介绍了这些函数。

编译器将改编名称分配给主体函数，这些主体函数对并行结构的类型、从中提取结构的函数名称、初始源代码中该结构的起始行号以及并行结构的序列号进行了编码。这些改编名称 (mangled name) 因微任务化库的发行版而异，但均会取消改编 (demangle) 为更易于理解的名称。

下面显示的是一个由编译器生成的典型主体函数，如计算机模式下的函数列表中所示。

```
7.415      14.860      psec_ -- OMP sections from line 9 [$_s1A9.psec_]
3.873      3.903      craydo_ -- MP doall from line 10 [$_d1A10.craydo_]
```

从上面的示例可以看出，最先显示的是从中提取结构的函数名称，接着是并行结构的类型，然后是并行结构的行号，最后在方括号中显示的是由编译器生成的主体函数的改编名称 (mangled name)。类似地，在反汇编代码中，也会生成一个特殊索引行。

```
0.      0.      <Function: psec_ -- OMP sections from line 9 [$_s1A9.psec_]>
0.      7.445      [24]  ld8cc: save      %sp, -168, %sp
0.      0.      [24]  ld8d0: ld        [%i0], %g1
0.      0.      [24]  ld8d4: tst       %i1

0.      0.      <Function: craydo_ -- MP doall from line 10 [$_d1A10.craydo_]>
0.      0.030      [ ?]  197e8: save      %sp, -128, %sp
0.      0.      [ ?]  197ec: ld        [%i0 + 20], %i5
0.      0.      [ ?]  197f0: st         %i1, [%sp + 112]
0.      0.      [ ?]  197f4: ld        [%i5], %i3
```

对于 Cray 指令，函数可能与源代码行号不相关。在这种情况下，会在行号的位置显示 [?]。如果索引行显示在带注释的源代码中，则该索引行指示不带行号的指令，如下所示。

```
9. c$mic doall shared(a,b,c,n) private(i,j,k)

Loop below fused with loop on line 23
Loop below not parallelized because autoparallelization
is not enabled
Loop below autoparallelized
Loop below interchanged with loop on line 12
Loop below interchanged with loop on line 12
3.873      3.903      <Function: craydo_ -- MP doall from line 10 [$_d1A10.craydo_],
instructions without line numbers>
0.      3.903      10.      do i = 2, n-1
```

注 - 在实际显示中，索引行和编译器注释行并不换行。

动态编译的函数

动态编译的函数是指程序执行时编译和链接的函数。收集器中并没有有关用 C 或 C++ 编写的动态编译函数的信息，除非用户使用收集器 API 函数 `collector_func_load()` 提供所需的信息。“函数”标签、“源”标签和“反汇编”标签中显示的信息取决于传递给 `collector_func_load()` 的信息，如下所示：

- 如果未提供信息（未调用 `collector_func_load()`），则在函数列表中，动态编译和装入的函数会显示为 `<Unknown>`。分析器中既看不到函数源代码，也看不到反汇编代码。
- 如果没有提供源文件名和行号表，但提供了函数的名称、大小以及地址，则函数列表中将显示动态编译和装入的函数的名称及度量。带注释的源代码是可用的，并且反汇编指令是可见的，只是行号被指定为 `[?]`，这表示行号未知。
- 如果提供了源文件名，但未提供行号表，分析器显示的信息将与不提供源文件名所显示的信息类似，只是带注释的源代码开头将显示一个特殊索引行，以指示该函数由不带行号的指令组成。例如：

```
1.121      1.121      <Function func0, instructions without line numbers>
                1. #include          <stdio.h>
```

- 如果提供了源文件名和行号表，将按照与常规编译函数相同的方式在“函数”标签、“源”标签和“反汇编”标签中显示函数及其度量。

有关收集器 API 函数的更多信息，请参见第 46 页中的“动态函数和模块”。

对于 Java 程序，大部分方法由 JVM 软件解释。在解释执行期间，在单独的线程上运行的 Java HotSpot 虚拟机会监视性能。在监视过程中，虚拟机可以决定使用已解释的一个或多个方法，生成相应的机器码，并执行更有效的机器码版本，而不是解释原始代码。

对于 Java 程序，无需使用收集器 API 函数；分析器通过在该方法的索引行下方使用一个特殊行，表明在带注释的反汇编代码列表中存在 Java HotSpot 编译的代码，如下示例所示。

```

                11.   public int add_int () {
                12.       int      x = 0;
2.832      2.832      <Function: Routine.add_int: HotSpot-compiled leaf instructions>
0.         0.         [ 12] 00000000: iconst_0
0.         0.         [ 12] 00000001: istore_1
```

反汇编代码列表仅显示已解释的字节代码，而不显示编译的指令。缺省情况下，在该特殊行的旁边显示已编译代码的度量。该独占和非独占 CPU 时间与各行已解释字节代码的所有独占和非独占 CPU 时间总和不同。通常，如果多次调用该方法，已编译指令的 CPU 时间将大于已解释字节代码的 CPU 时间总和，原因是已解释代码只是在最初调用该方法时执行一次，而已编译代码则在其后执行。

带注释的源代码不显示 Java HotSpot 编译的函数。而是显示一个特殊索引行，以指示不带行号的指令。例如，下面显示了与上例显示的反汇编提取对应的带注释的源代码：

```

2.832      2.832      11.      public int add_int () {
0.          0.          <Function: Routine.add_int(), instructions without line numbers>
0.          0.          12.          int      x = 0;
                                <Function: Routine.add_int()>

```

Java 本机函数

本机代码是最初用 C、C++ 或 Fortran 编写，由 Java 代码通过 Java 本地接口 (Java Native Interface, JNI) 调用的已编译代码。以下示例来自与演示程序 jsynprog 关联的文件 jsynprog.java 的带注释的反汇编代码。

```

                                5. class jsynprog
                                <Function: jsynprog.<init>()>
0.          5.504      jsynprog.JavaCC() <Java native method>
0.          1.431      jsynprog.JavaCJava(int) <Java native method>
0.          5.684      jsynprog.JavaJavaC(int) <Java native method>
0.          0.          [ 5] 00000000: aload_0
0.          0.          [ 5] 00000001: invokespecial <init>()
0.          0.          [ 5] 00000004: return

```

由于本机方法不包含在 Java 源代码中，jsynprog.java 的带注释的源代码的开头会显示每个 Java 本机方法，并使用一个特殊的索引行来指示不带行号的指令。

```

0.          5.504      <Function: jsynprog.JavaCC(), instructions without line
                                numbers>
0.          1.431      <Function: jsynprog.JavaCJava(int), instructions without line
                                numbers>
0.          5.684      <Function: jsynprog.JavaJavaC(int), instructions without line
                                numbers>

```

注 – 在实际的带注释的源代码显示中，索引行并不换行。

克隆函数

编译器能够识别可以对其执行额外优化的函数调用。所传递的部分参数是常量的函数调用即是这类调用的其中一个示例。当编译器识别出它可以优化的特定调用时，会创建该函数的副本（称为克隆）并生成优化代码。

在带注释的源代码中，编译器注释将指示是否创建了克隆函数：

```

0.          0.          Function foo from source file clone.c cloned,
                                creating cloned function _$clA.foo;
                                constant parameters propagated to clone
0.          0.570      27.      foo(100, 50, a, a+50, b);

```

注 – 在实际的带注释的源代码显示中，编译器注释行并不换行。

克隆函数名称是标识特定调用的改编名称。在上面的示例中，编译器注释指示克隆的函数名称为 `_c1A.foo`。在函数列表中，该函数显示为：

```
0.350      0.550      foo
0.340      0.570      _c1A.foo
```

因为每个克隆函数都具有不同的指令集，所以带注释的反汇编代码列表会分别显示这些克隆函数。这些函数与任何源文件都没有关联，因此其指令也与任何源代码行号无关。下面显示了某个克隆函数的带注释的反汇编代码的前几行。

```
0.          0.          <Function: _c1A.foo>
0.          0.          [?]  10e98:  save      %sp, -120, %sp
0.          0.          [?]  10e9c:  sethi    %hi(0x10c00), %i4
0.          0.          [?]  10ea0:  mov      100, %i3
0.          0.          [?]  10ea4:  st       %i3, [%i0]
0.          0.          [?]  10ea8:  ldd     [%i4 + 640], %f8
```

静态函数

静态函数通常在库中使用，因此库内部使用的名称不会与用户可能使用的名称发生冲突。库被剥离后，静态函数的名称将从符号表中删除。在这种情况下，分析器会为包含剥离静态函数的库中的每个文本区域生成人工名称。该名称的格式为 `<static>@0x12345`，其中 `@` 符号后的字符串是库中文本区域的偏离量。分析器无法区分连续的剥离静态函数和单个这样的函数，因此可能出现两个或多个这样的函数，且其度量合并在一起。可在 `jsynprog` 演示程序的函数列表中找到静态函数的示例，如下所示。

```
0.          0.          <static>@0x18780
0.          0.          <static>@0x20cc
0.          0.          <static>@0xc9f0
0.          0.          <static>@0xd1d8
0.          0.          <static>@0xe204
```

在“PC”标签中，上述函数使用如下所示的偏移量表示：

```
0.          0.          <static>@0x18780 + 0x00000818
0.          0.          <static>@0x20cc + 0x0000032C
0.          0.          <static>@0xc9f0 + 0x00000060
0.          0.          <static>@0xd1d8 + 0x00000040
0.          0.          <static>@0xe204 + 0x00000170
```

在“PC”标签中，在被剥离的库内调用的函数的替代表示方法为：

```
<library.so> -- no functions found + 0x0000F870
```

非独占度量

在带注释的反汇编代码中，有一些特殊的行标记外联函数占用的时间。

以下示例显示了当调用外联函数时显示的带注释的反汇编代码：

```
0.      0.      43.      else
0.      0.      44.      {
0.      0.      45.      printf("else reached\n");
0.      2.522    <inclusive metrics for outlined functions>
```

分支目标

带注释的反汇编代码列表中显示的一行人工行 `<branch target>` 与指令的某个 PC 对应，在该指令中使用回溯查找它的有效地址失败，原因是该回溯算法遇到了分支目标。

存储和装入指令的注释

利用 `-xhwcprof` 选项进行编译时，编译器将为存储 (`st`) 和装入 (`ld`) 指令生成附加信息。可以在反汇编代码列表中查看带有注释的 `st` 和 `ld` 指令。

在不运行实验的情况下查看源代码/反汇编代码

无需运行实验，使用 `er_src` 实用程序就可以查看带注释的源代码和带注释的反汇编代码。输出的生成方式与在分析器中的生成方式相同，只是不显示任何度量。`er_src` 命令的语法如下所示：

```
er_src [ -func | -{source,src} item tag | -{disasm,dis} item tag |
        -{Cc,scc,dcc} com_spec | -outfile filename | -V ] object
```

`object` 是可执行文件、共享对象或目标文件（`.o` 文件）的名称。

`item` 是用于生成可执行文件或共享对象的函数、源文件或目标文件的名称。`item` 还可以采用 `function' file'` 的格式指定，在这种情况下，`er_src` 将在指定文件的源上下文中显示指定函数的源代码或反汇编代码。

`tag` 是索引，用于决定当多个函数具有相同的名称时引用哪个 `item`。该选项是必需选项，但如果没有必要解析函数，则可以忽略该选项。

特殊的项和标记 `all -1` 指示 `er_src` 为该对象中的所有函数生成带注释的源代码或反汇编代码。

注 – 在可执行文件和共享对象上使用 `all -1` 生成的输出可能非常大。

以下几节将介绍 `er_src` 实用程序接受的选项。

-func

列出给定对象的所有函数。

-{source,src} item tag

显示列出的项的带注释的源代码。

-{disasm,dis} item tag

在列表中包括反汇编代码。缺省列表不包括反汇编代码。如果没有可用的源代码，则产生一个不带编译器注释的反汇编代码列表。

-{cc,scc,dcc} com-spec

指定要显示哪些编译器注释类。*com-spec* 是用冒号分隔的类列表。如果使用的是 `-scc` 选项，对源代码编译器注释应用 *com-spec* 类列表；如果使用的是 `-dcc` 选项，对反汇编代码注释应用类列表；如果使用的是 `-cc` 选项，既对源代码注释，也对反汇编代码注释应用类列表。有关这些类的描述，请参见第 118 页中的“控制源代码和反汇编代码列表的命令”。

注释类可以在缺省文件中指定。首先读取系统范围的 `er.rc` 缺省值文件，然后读取用户起始目录中的 `.er.rc` 文件（如果存在），最后读取当前目录中的 `.er.rc` 文件。您的起始目录中的 `.er.rc` 文件的缺省值覆盖系统缺省值，当前目录中的 `.er.rc` 文件的缺省值覆盖起始目录缺省值和系统缺省值。这些文件也由分析器和 `er_print` 实用程序使用，但只有源代码和反汇编代码编译器注释的设置由 `er_src` 实用程序使用。有关这些缺省值文件的描述，请参见第 133 页中的“设置缺省值的命令”。缺省值文件中除 `scc` 和 `dcc` 之外的命令均被 `er_src` 实用程序忽略。

-outfile filename

打开显示列表输出的文件 *filename*。缺省情况下，或者如果文件名为短划线 (-)，则输出会写入 `stdout`。

-V

显示当前发行版本。

操作实验

本章介绍可以与收集器和性能分析器一起使用的实用程序。

本章包含以下主题：

- 第 191 页中的“操作实验”
- 第 192 页中的“标记实验”
- 第 196 页中的“其他实用程序”

操作实验

实验存储在收集器创建的目录中。要处理实验，您可以使用常用的 UNIX 命令 `cp`、`mv` 和 `rm`，并将它们应用到该目录。对于早于 Forte Developer 7 (Sun ONE Studio 7, Enterprise Edition for Solaris) 发行版的实验，则不能这样做。提供了三个功能类似于 UNIX 命令的实用程序，以复制、移动和删除实验。这些实用程序为 `er_cp(1)`、`er_mv(1)` 和 `er_rm(1)`，将在下文中介绍这些实用程序。

实验中的数据包括程序使用的每个装入对象的归档文件。这些归档文件包含装入对象的绝对路径及其最后一次修改的日期。移动或复制实验时，该信息不会改变。

使用 `er_cp` 实用程序复制实验

存在两种格式的 `er_cp` 命令：

```
er_cp [-V] experiment1 experiment2
er_cp [-V] experiment-list directory
```

第一种格式的 `er_cp` 命令将 *experiment1* 复制到 *experiment2*。如果 *experiment2* 已存在，则 `er_cp` 将退出，并显示一条错误消息。第二种格式将空格分隔的实验列表复制到一个目录。如果该目录中已经包含与正在复制的实验之一同名的实验，则 `er_cp` 实用程序将退出，并显示一条错误消息。`-v` 选项可输出 `er_cp` 实用程序的版本。此命令不能复制使用早期版本的工具创建的实验。

使用 `er_mv` 实用程序移动实验

存在两种格式的 `er_mv` 命令：

```
er_mv [-V] experiment1 experiment2  
er_mv [-V] experiment-list directory
```

第一种格式的 `er_mv` 命令将 *experiment1* 移动到 *experiment2*。如果 *experiment2* 已存在，则 `er_mv` 实用程序将退出，并显示一条错误消息。第二种格式将空格分隔的实验列表移动到一个目录。如果该目录中已经包含与正被移动的实验之一同名的实验，则 `er_mv` 实用程序将退出，并显示一条错误消息。`-v` 选项可输出 `er_mv` 实用程序的版本。此命令不能移动使用早期版本的工具创建的实验。

使用 `er_rm` 实用程序删除实验

删除实验或实验组的列表。删除实验组后，组中的每个实验以及组文件都被删除。

`er_rm` 命令的语法如下：

```
er_rm [-f] [-V] experiment-list
```

无论是否找到实验，`-f` 选项都会抑制错误消息并确保成功完成。`-v` 选项可输出 `er_rm` 实用程序的版本。此命令可删除使用早期发行版的工具创建的实验。

标记实验

`er_label` 命令可以定义实验的一部分并为其分配名称或添加标签。标签捕获在实验中以开始时间和停止时间标记定义的一个或多个时间段内发生的分析事件。

可以将时间标记指定为当前时间、当前时间加上或减去某个时间偏移，或者指定为相对于实验开始时间的某个偏移。可以在标签中指定任何数量的时间间隔，并且在创建标签后，可以向标签添加其他间隔。

对于 `er_label` 实用程序，应该使用成对标记指定间隔：开始时间后面跟随停止时间。实用程序忽略出现顺序错误的标记，例如在任何开始标记前指定的停止标记，在上一个开始标记后面没有跟随任何停止标记而直接跟随的开始标记，或者在上一个停止标记后面没有跟随任何开始标记而直接跟随的停止标记。

您可通过在命令行运行 `er_label` 命令或在脚本中执行该命令来为实验分配标签。向实验添加标签后，便可以使用标签进行过滤。例如，您可能会对实验进行过滤，包含或排除在标签定义的时间段中的分析事件，如第 104 页中的“使用标签进行过滤”中所述。

注 - 不应创建与可在过滤中使用的任何其他关键字相同的标签名称，因为这样会导致冲突和意外的结果。可以使用 `er_print -describe` 命令查看实验的关键字。

er_label 命令语法

`er_label` 命令的语法为：

```
er_label -o experiment-name -n label-name -t {start|stop}[=time-specification] [-C comment]
```

选项定义如下：

-o 实验名称。这是一个必需的选项，用于指定希望标记的实验的名称。只能指定一个实验名称，不支持实验组。**-o** 选项可以出现在命令行中的任意位置。

-n 标签名称。这是一个必需的选项，用于指定标签名称。标签只能包含字母数字，不能包含空格，但长度不限。如果实验中已存在标签，则指定的时间标记和注释将添加到标签中。**-n** 选项可以出现在命令行中的任意位置。

-c 注释。这是标签的注释，可选。注释可以包含在引号内，也可以不带引号，具体取决于 Shell 或脚本的要求。可以对单个标签使用多个 **-c** 选项，在显示标签时，这些注释将串联起来，相互之间使用空格分隔。可以使用多个注释，例如，在标签中提供每个时间间隔的信息。在标签中使用多个注释时，可能需要在每个注释结尾包含分隔符，例如分号。

-t start|stop =时间规范。这是用于定义实验中的时间范围的开始点或停止点规范。如果省略 **=时间规范**，则创建当前时间的标记。

可以按以下格式之一指定**时间规范**：

`hh:mm:ss.uuu` 指定相对于实验开始的时间，在此处应该放置开始或停止标记。必须至少指定秒数，还可以选择指定小时数、分钟数和零点几秒。

指定的时间值将按以下方式解释：

- | | |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <code>nn</code> | 如果指定不带冒号的整数，则将解释为秒数。如果值大于 60，则秒数在标签中将转换为 <code>mm:ss</code> 。例如， <code>-t start=120</code> 会在实验开始后的 02:00 处放置一个开始标记。 |
| <code>nn.nn</code> | 如果包含任意精度的小数，则该值将解释为零点几秒，并且以纳秒精度进行保存。例如， <code>-t start=120.3</code> 会在实验开始后的 02:00.300（即 2 分 300 纳秒）处放置一个开始标记。 |
| <code>nn:nn</code> | 如果使用 <code>nn:nn</code> 格式指定时间，则将解释为 <code>mm:ss</code> ；如果 <code>mm</code> 的值大于 60，则时间将转换为 <code>hh:mm:ss</code> 。为 <code>ss</code> 指定 |

的数字必须介于 0 和 59 之间，否则会出现错误。例如，`-t start=90:30` 会在实验开始后的 01:30:30（即 1 小时 30 分 30 秒）处放置一个开始标记。

`nn:nn:nn` 如果使用 `nn:nn:nn` 格式指定时间，则将解释为 `hh:mm:ss`。为分钟和秒指定的数字必须介于 0 和 59 之间，否则会出现错误。例如，`-t stop=01:45:10` 会在实验开始后的 1 小时 45 分 10 秒处放置一个结束标记。

`@` 指定当前时间，以便在实验中执行 `er_label` 命令的那一刻放置一个标记。当前时间在命令的单个调用中设置一次，因此使用 `@` 的任何其他标记将相对于该原始时间戳值设置。

`@+偏移` 指定当前时间戳之后的某个时间，其中**偏移**是一个使用与上面所述的相同 `hh:mm:ss.uuu` 规则的时间。此时间格式在原始时间戳之后的指定时间处放置一个标记。例如，`-t stop=@+180` 在当前时间之后的 3 分钟处放置一个停止标记。

`@-偏移` 指定当前时间戳之前的某个时间，其中**偏移**是一个使用与上面所述的相同 `hh:mm:ss.uuu` 规则的时间。此时间格式在原始时间戳之前的指定时间处放置一个标记。例如，`-t start=@-20:00` 在当前时间之前的 20 分钟处放置一个开始标记。如果实验的运行时间尚未达到 20 分钟，则将忽略该标记。

在单个 `er_label` 命令中可以使用多个 `-t` 规范，或者在相同标签名称的单独命令中使用多个 `-t` 规范，但它们应该按照成对的 `-t start` 和 `-t stop` 标记出现。

如果 `-t start` 或 `-t stop` 选项后面未跟随任何时间规范，则将为规范采用 `@`。必须为其中一个标记包含时间规范。

er_label 示例

示例 8-1 使用相对于实验开始的时间标记定义标签

要在实验 `test.1.er` 中定义名为 `snap` 的标签，其中涵盖从实验开始之后的 15 秒起持续时间为 10 分钟的运行部分，请使用以下命令：

```
% er_label -o test.1.er -n snap -t start=15 -t stop=10:15
```

此外，可以在单独的命令中为间隔指定标记：

```
% er_label -o test.1.er -n snap -t start=15
% er_label -o test.1.er -n snap -t stop=10:15
```

示例 8-2 使用相对于当前时间的时间标记定义标签

要在实验 `test.1.er` 中定义名为 `last5mins` 的标签，其中涵盖当前时间之前的 5 分钟起的运行部分，请执行以下操作：

```
% er_label -o test.1.er -n last5mins -t start=@-05:00 -t stop
```

在脚本中使用 er_label

`er_label` 的一个用途是支持将由客户端驱动的服务器程序作为一个独立的进程或多个进程进行分析。在这种使用模型中，使用 `collect` 命令启动服务器，以便开始在服务器上创建实验。服务器启动并准备好接受客户端请求后，您便可运行客户端脚本，以请求驱动服务器并运行 `er_label` 来标记发生客户端请求的实验部分。

以下示例客户机脚本在 `test.1.er` 实验中为针对服务器的每个请求运行生成一个时间标签。创建的五个标签中的每个标签都划分出处理指定请求所花费的时间。

```
for REQ in req1 req2 req3 req4 req5
do

    echo "======"
    echo " $REQ started at `date`"

    er_label -o test.1.er -n $REQ -t start=@
    run_request $REQ
    er_label -o test.1.er -n $REQ -t stop=@
done
```

下面的示例脚本显示了一个备选用法，该脚本生成名为 `all` 的包含所有请求的单个标签。

```
for REQ in req1 req2 req3 req4 req5
do

    echo "======"
    echo " $REQ started at `date`"

    er_label -o test.1.er -n all -t start=@
    run_request $REQ
    er_label -o test.1.er -n all -t stop
done
```

请注意，在第二个 `er_label` 调用中的 `-t stop` 后面未跟随时间规范，因此缺省采用 `stop=@`。

可以创建更复杂的脚本，并且可以在相同节点或不同节点上同时运行多个脚本。如果实验位于所有节点都可访问的共享目录中，则脚本可以在相同的实验中标记间隔。各个脚本中的标签可以是相同的，也可以是不同的。

其他实用程序

在正常情况下，应不必使用其他一些实用程序。在此记录这些程序是为了完整性，并对可能需要使用这些实用程序的情况进行了描述。

er_archive 实用程序

er_archive 命令的语法如下。

```
er_archive [-nqAF] experiment  
er_archive -V
```

在实验正常完成时，或者在实验上启动性能分析器或 er_print 实用程序时，将自动运行 er_archive 实用程序。如果通过按 Ctrl-C 或使用 kill 命令终止内核分析会话，er_kernel 也将自动运行 er_archive 实用程序。该实用程序会读取实验中引用的共享对象列表，并为每个共享对象构造一个归档文件。每个输出文件都以 .archive 后缀命名，并且包含共享对象的函数和模块映射。

如果目标程序异常终止，收集器可能不会运行 er_archive 实用程序。如果要在与记录实验的计算机不同的其他计算机上检查运行时异常终止的实验，则必须在记录数据的计算机的实验上运行 er_archive 实用程序。要确保在将实验复制到的计算机上可以使用装入对象，请使用 -A 选项。

在实验中为所有引用到的共享对象生成了归档文件。这些归档文件包含装入对象中的每个对象文件和函数的地址、大小和名称，以及装入对象的绝对路径和其最后一次修改的时间戳。

如果运行 er_archive 实用程序时找不到共享对象，或者共享对象的时间戳与实验中记录的不同，或 er_archive 实用程序在与记录实验的计算机不同的其他计算机上运行，则归档文件中将包含一则警告。只要手动运行 er_archive 实用程序（不带 -q 标志），警告也同样会写入 stderr。

以下几节介绍 er_archive 实用程序可以接受的选项。

-n

仅归档指定的实验，不包括其后代。

-q

不将任何警告写入 stderr。警告将并入归档文件，并显示在性能分析器或 er_print 实用程序的输出中。

-A

请求将所有装入对象写入实验。该参数可用于生成实验，这些实验很可能被复制到不是记录实验的计算机上。

-F

强制写入或重新写入归档文件。该参数可用于手动运行 `er_archive`，以重新写入带有警告的文件。

-V

写入 `er_archive` 实用程序的版本号信息，并退出。

er_export 实用程序

`er_export` 命令的语法如下。

```
er_export [-V] experiment
```

`er_export` 实用程序将实验中的原始数据转换为 ASCII 文本。文件的格式和内容可以更改，任何使用都不应该依赖这种格式和内容。仅当性能分析器无法读取实验时才使用该实用程序；工具开发者可利用输出内容了解原始数据并分析故障。`-v` 选项用于输出版本号信息。

内核分析

本章介绍如何在 Oracle Solaris 运行负载时使用 Oracle Solaris Studio 性能工具分析内核。如果在 Oracle Solaris 10 或 Oracle Solaris 11 上运行 Oracle Solaris Studio 软件，可以进行内核分析。在 Linux 系统上不能进行内核分析。

本章包含以下主题：

- 第 199 页中的“内核实验”
- 第 200 页中的“为内核分析设置系统”
- 第 200 页中的“运行 `er_kernel` 实用程序”
- 第 203 页中的“分析内核分析数据”

内核实验

可以使用 `er_kernel` 实用程序记录内核分析数据。

`er_kernel` 实用程序使用的 DTrace 是 Oracle Solaris 操作系统中内置的一款综合动态跟踪工具。

`er_kernel` 实用程序捕获内核分析数据，并以与用户分析数据相同的格式将数据记录为分析器实验。实验可以由 `er_print` 实用程序或性能分析器进行处理。内核实验可以显示函数数据、调用方-被调用方数据、指令级数据和时间线，但是不能显示源代码行数据（因为大多数 Oracle Solaris 模块不包含行号表）。

为内核分析设置系统

您需要先设置对 DTrace 的访问，才能使用 `er_kernel` 实用程序进行内核分析。

通常，DTrace 仅限于用户 `root` 使用。要以 `root` 之外的用户身份运行 `er_kernel` 实用程序，必须具有分配的特定权限，而且是组 `sys` 的成员。要分配必要的权限，请在文件 `/etc/user_attr` 中按以下方式编辑包含用户名的行：

```
username::::defaultpriv=basic,dtrace_kernel,dtrace_proc
```

要将您自己添加到组 `sys`，请将您的用户名添加到文件 `/etc/group` 中的 `sys` 行。

运行 `er_kernel` 实用程序

您可以运行 `er_kernel` 实用程序，以便仅分析内核或同时分析内核和正在运行的负载。有关 `er_kernel` 命令的完整描述，请参见 `er_kernel(1)` 手册页。

要显示用法消息，请运行不带参数的 `er_kernel` 命令。

▼ 分析内核

- 1 通过键入以下内容来收集实验：

```
% er_kernel -p on
```

- 2 在单独的 `shell` 中运行所需的任意负载。
- 3 负载完成后，按 `Ctrl-C` 来终止 `er_kernel` 实用程序。
- 4 将生成的实验（缺省情况下名为 `ktest.1.er`）装入到性能分析器或 `er_print` 实用程序中。

内核时钟分析将生成两个度量：一个是 `KCPU` 周期（度量名称为 `kcycles`），该度量用于在内核创建者实验中记录的时钟分析事件；另一个是 `KUCPU` 周期（度量名称为 `kucycles`），该度量用于当 `CPU` 处于用户模式时在用户进程子实验中记录的时钟分析事件。在性能分析器中，对于 "Functions"（函数）标签中的内核函数、"Callers-Callees"（调用方-被调用方）标签中的调用方与被调用方以及 "Disassembly"（反汇编）标签中的指令，将显示这些度量。"Source"（源）标签不显示数据，因为附带的内核模块通常不包含文件和行符号表信息 (`stabs`)。

您可以将 `er_kernel` 实用程序的 `-p on` 参数替换为 `-p high`（用于高精度分析）或 `-p low`（用于低精度分析）。如果期望用 2 到 20 分钟来运行负载，则缺省时钟分析是合适的。如果期望用不到 2 分钟的时间来运行，请使用 `-p high`；如果期望用 20 分钟以上的时间来运行，请使用 `-p low`。

您可以添加 `-t duration` 参数，该参数将导致 `er_kernel` 实用程序按 `duration` 所指定的时间自行终止。

可以将 `-t duration` 指定为一个具有可选的 `m` 或 `s` 后缀的数字，以指示实验应终止的时间（以分钟或秒为单位）。缺省情况下，持续时间以秒为单位。也可以将 `duration` 指定为用连字符分隔的两个这样的数字，这会导致数据收集暂停，直到经过第一个时间之后才开始收集数据。当到达第二个时间时，数据收集终止。如果第二个数字为零，则在初次暂停之后收集数据，直到该程序运行结束。即使该实验已经终止，也允许目标进程运行至结束。

如果未指定任何持续时间或时间间隔，在终止之前，`er_kernel` 将一直运行。可以通过按 `Ctrl-C (SIGINT)`，或者使用 `kill` 命令并将 `SIGINT`、`SIGQUIT` 或 `SIGTERM` 发送到 `er_kernel` 进程终止该实用程序。将其中任何一个信号发送到 `er_kernel` 时，该进程将终止实验并运行 `er_archiv`（除非指定了 `-A off`）。`er_archive` 实用程序会读取实验中引用的共享对象列表，并为每个共享对象构造一个归档文件。

如果您希望在屏幕上输出有关运行的更多信息，可以添加 `-v` 参数。通过 `-n` 参数，您可以预览将被记录的实验，而无需实际记录任何内容。

缺省情况下，由 `er_kernel` 实用程序生成的实验被命名为 `ktest.1.er`；对于相继的运行，该数字将递增。

▼ 在有负载时的分析

如果有要用作负载的单个命令（程序或脚本）：

1 通过键入以下内容来收集实验：

```
% er_kernel -p on load
```

如果负载是一个脚本，则该脚本在退出之前，应等待它所产生的任何命令终止，否则实验可能会过早终止。

2 通过键入以下内容来分析实验：

```
% analyzer ktest.1.er
```

`er_kernel` 实用程序派生一个子进程，并暂停一个静止期，然后子进程会运行指定的负载。在负载终止时，`er_kernel` 实用程序再次暂停一个静止期，然后退出。实验显示运行负载期间以及之前和之后的静止期内 Oracle Solaris 内核的行为。您可以使用 `er_kernel` 命令的 `-q` 参数，以秒为单位指定静止期的持续时间。

▼ 一起分析内核和负载

如果有要用作负载的单个程序，并希望同时看到该负载的分析数据和内核分析数据：

1 通过键入 `er_kernel` 命令和 `collect` 命令，同时收集内核分析数据和用户分析数据：

```
% er_kernel collect load
```

2 通过键入以下内容一起分析这两个分析数据：

```
% analyzer ktest.1.er test.1.er
```

分析器显示的数据同时显示 `ktest.1.er` 中的内核分析数据和 `test.1.er` 中的用户分析数据。使用 "Timeline"（时间线）标签可以查看两个实验之间的相关性。

注 - 要将脚本用作负载，并单独分析脚本的各个部分，请在脚本内的各个命令前放置 `collect` 命令（带有适当的参数）。

硬件计数器溢出的内核分析

`er_kernel` 实用程序可以使用 DTrace `cpc` 提供者（仅在运行 Oracle Solaris 11 的系统上可用）为内核收集硬件计数器溢出分析。

就如使用 `collect` 命令一样，可以使用 `er_kernel` 命令的 `-h` 选项来执行内核的硬件计数器溢出分析。不过，不支持数据空间分析，因此 `er_kernel` 会忽略数据空间请求。

与 `collect` 命令一样，如果使用 `-h` 选项，但未明确指定 `-p` 选项，则将禁用基于时钟的分析。要同时收集硬件计数器数据和基于时钟的数据，必须指定 `-h` 选项和 `-p` 选项。

要显示处理器支持硬件计数器溢出分析的计算机上的硬件计数器，请运行不带任何其他参数的 `er_kernel -h` 命令。

如果芯片上的溢出机制使内核能够指明哪个计数器发生溢出，则可以分析芯片提供的任意多个计数器；否则只能指定一个计数器。`er_kernel -h` 输出中将显示一条诸如 "specify HW counter profiling for up to 4 HW counters."（为多达 4 个 HW 计数器指定 HW 计数器分析。）这样的消息，指定您是否可以使用多个计数器。

系统硬件计数器机制可以由多个进程用于执行用户分析；但如果任何用户进程、`cputrack` 实用程序或另一个 `er_kernel` 进程正在使用该机制，则不能用于内核分析。如果另一个进程正在使用硬件计数器，则 `er_kernel` 将报告 "HW counter profiling is not supported on this system"（该系统不支持 HW 计数器分析）。

有关硬件计数器分析的更多信息，请参见第 25 页中的“硬件计数器溢出分析数据”和第 55 页中的“`-h counter_definition_1...[, counter_definition_n]`”。

另请参见 `er_print` 手册页，了解硬件计数器溢出分析的更多信息。

分析内核和用户进程

使用 `er_kernel` 实用程序可以执行内核和应用程序的分析。可以使用 `-F` 选项控制是否应跟踪应用程序进程并记录这些进程的数据。

使用 `-F on` 或 `-F all` 选项时，`er_kernel` 将记录所有应用程序进程以及内核上的实验。将跟踪在收集 `er_kernel` 实验时检测到的用户进程，并且为每个跟踪的进程创建一个子实验。

如果您以非超级用户的身份运行 `er_kernel`，则可能不会记录许多子实验，因为不享有权限的用户通常无法读取有关其他用户进程的任何内容。

假定有足够的权限，那么用户进程数据也只在进程处于用户模式时才记录，并且只记录用户调用堆栈。每个跟踪的进程的子实验包含 `kucycles` 度量的数据。子实验使用 `_process-name_PID_process-pid.1.er` 格式进行命名。例如，某个在 `sshd` 进程上运行的实验的名称可能为 `_sshd_PID_1264.1.er`。

要只跟踪某些用户进程，可以使用 `-F=regex` 指定正则表达式，以便记录名称或 PID 与正则表达式匹配的进程上的实验。

例如，`er_kernel -F=synprog` 将跟踪名为 `synprog` 的程序的进程。

有关正则表达式的信息，请参见 `regex(5)` 手册页。

缺省情况下设置 `-F off` 选项，这样 `er_kernel` 不会执行用户进程分析。

注 `er_kernel` 的 `-F` 选项不同于 `collect` 的 `-F` 选项。`collect -F` 命令用于只跟踪那些由命令行中指定的目标创建的进程；而 `er_kernel -F` 用于跟踪当前在系统上运行的所有进程。

分析内核分析数据

内核创建者实验包含 `kucycles` 度量的数据。当 CPU 处于系统模式时，将记录内核调用堆栈。当 CPU 空闲时，将记录人工函数 `<<IDLE>` 的单帧调用堆栈。当 CPU 处于用户模式时，将记录归属于人工函数 `<process-name_PID_process-pid>` 的单帧调用堆栈。在内核实验中，不记录用户进程的任何调用堆栈信息。

内核创建者实验中的人工函数 `<<INCONSISTENT_PID>` 指示将由于未知原因而具有不一致进程 ID 的 DTrace 事件传送到的位置。

如果使用 `-F` 来指定跟踪用户进程，则每个跟踪的进程的子实验将包含 `kucycles` 度量的数据。当进程在用户模式下运行时，将为所有时钟分析事件记录用户级别调用堆栈。

可以在 "Processes"（进程）标签和 "Timeline"（时间线）标签中使用上下文过滤器，以便限制为您关注的那些 PID。

索引

数字和符号

- "Call Tree" (调用树) 标签, 从上下文菜单过滤数据, 85
- "CPUs" (CPU) 标签, 92–93
- "Experiment IDs" (实验 ID), 94
- "Find" (查找) 工具, 101
- "Index Objects" (索引对象) 标签, 91
- "Inst-Freq" (指令频率) 标签, 90
- "Metrics" (度量) 标签, 97
- "Pathmaps" (路径映射) 标签, 100
- "PC" 标签, 101
- "PCs" (PC) 标签, 87
- @plt 函数, 152
- "Processes" (进程) 标签, 93–94
- "Samples" (样本) 标签, 92
- "Save" (保存) 按钮
 - "Set Data Presentation" (设置数据显示) 对话框, 97, 106
- <Scalars> 数据对象描述符, 170
- "Search Path" (搜索路径) 标签, 99
- "Seconds" (秒) 标签, 93
- "Show/Hide/API-Functions" (显示/隐藏/仅 API 函数) 对话框, 101
- "Source/Disassembly" (源/反汇编) 标签
 - "Set Data Presentation" (设置数据显示) 中, 98 左侧窗格中, 85
- "Summary" (摘要) 标签, 87
- "Tab" (标签) 标签, 100–101
- "Threads" (线程) 标签, 91–92
 - "Chart" (图表) 显示, 91
 - 负载不平衡图, 92
 - 锁定争用图, 92

- "Timeline Details" (时间线详细信息) 标签, 95
- "Timeline" (时间线) 标签, 88, 96
 - "Set Data Presentation" (设置数据显示) 中, 99
- <Total> 函数
 - 将时间与执行统计数据进行比较, 148
 - 说明, 168
- <Total> 数据对象描述符, 170
- <Unknown> 函数
 - 调用方和被调用方, 167
 - 将 PC 映射到, 167

A

- addpath 命令, 121
- analyzer 命令
 - JVM 路径 (-j) 选项, 78
 - JVM 选项 (-J) 选项, 79
 - 版本 (-v) 选项, 79
 - 帮助 (-h) 选项, 79
 - 详细 (-v) 选项, 79
 - 字体大小 (-f) 选项, 79
- API, 收集器, 44

C

- 重新映射路径前缀, 100
- 重映射路径前缀, 122
- collect 命令
 - I 选项, 59
 - Java 版本 (-j) 选项, 61

collect 命令

- M 选项, 58
- MPI 跟踪 (-m) 选项, 58

collect 命令

- N 选项, 59
- o 选项, 63
- P 选项, 64
- 版本 (-V) 选项, 65
- 定期抽样 (-s) 选项, 59
- 堆跟踪 (-H) 选项, 58
- 跟踪后续进程 (-F) 选项, 60–61
- 归档 (-A) 选项, 64
- 基于时钟的分析 (-p) 选项, 55
- 记录计数数据 (-c) 选项, 59
- 记录样本点 (-l) 选项, 62
- 模拟运行 (-n) 选项, 65
- 实验控制选项, 60–63
- 实验名称 (-o) 选项, 64
- 实验目录 (-d) 选项, 63
- 实验组 (-g) 选项, 64
- 收集数据, 54
- 输出选项, 63–64

collect 命令

- 数据收集的时间范围 (-t) 选项, 62

collect 命令

- 数据收集选项, 54
- 数据限制 (-L) 选项, 64
- 数据争用检测 (-r) 选项, 59–60
- 同步等待跟踪 (-s) 选项, 57–58
- 详细 (-v) 选项, 65
- 选项列表, 54
- 硬件计数器溢出分析 (-h) 选项, 55–56
- 与 ppgsz 命令, 76
- 语法, 54
- 杂项选项, 64–65
- 在 exec (-x) 选项之后停止目标, 62
- 暂停和恢复数据记录 (-y) 选项, 62–63
- 自述文件显示 (-R) 选项, 65

collectorAPI.h, 45

- 作为收集器的 C 和 C++ 接口的一部分, 44

CPU

- 每个 CPU 的度量, 92–93
- 选择的列表, 在 er_print 实用程序中, 126
- 在 "CPUs" (CPU) 标签中列出, 92–93

CPU (续)

- 在 er_print 实用程序中选择, 128

D

- data_layout 命令, 123
- data_objects 命令, 122
- data_single 命令, 122
- dbx, 运行收集器, 66
- dbx collector 子命令
 - archive, 70
 - dbxsample, 69
 - disable, 69
 - enable, 69
 - enable_once (已废弃), 71
 - hwprofile, 67–68
 - limit, 70
 - pause, 69
 - profile, 66–67
 - quit (已废弃), 71
 - resume, 69
 - sample, 68–69
 - sample record, 69
 - show, 71
 - status, 71
 - store, 70
 - store filename (已废弃), 71
 - synctrace, 68
 - tha, 68
- ddetail 命令, 125
- deadlocks 命令, 125
- DTrace
 - 介绍, 199
 - 设置访问, 200

E

- EA, 定义的, 26
- er_archive 实用程序, 196–197
- er_cp 实用程序, 191
- er_export 实用程序, 197
- er_heap.so, 预装入, 72
- er_kernel 实用程序, 199

er_kernel 实用程序 (续)

- 分析内核分析数据, 203
- 内核和用户进程, 202-203
- 硬件计数器溢出分析, 202

er_label 实用程序, 192-195

- 脚本中的用法, 195
- 命令语法, 193-194
- 时间规范, 193
- 用法示例, 194-195

er_mv 实用程序, 192

er_print 命令

- addpath, 121
- alloca, 118
- appendtfile, 131
- callers-callees, 116
- cc, 121
- cmetric_list, 130
- cpu_list, 126
- cpu_select, 128
- csingle, 116
- data_layout, 123
- data_metric_list, 130
- data_objects, 122
- data_single, 122
- dcc, 120-121
- ddetail, 125
- deadlocks, 125
- describe, 127
- disasm, 119
- dmetrics, 134
- dsort, 134
- en_desc, 135
- experiment_list, 126
- filters, 127
- fsingle, 116
- fsummary, 115-116
- functions, 114
- header, 132-133
- help, 137
- ifreq, 133
- indx_metric_list, 131
- indxobj, 124
- indxobj_define, 124
- indxobj_list, 124

er_print 命令 (续)

- leaks, 117
- limit, 131
- lines, 118
- lsummary, 118
- lwp_list, 126
- lwp_select, 128
- metric_list, 130
- metrics, 114-115
- name, 131
- object_api, 130
- object_hide, 129
- object_list, 129
- object_select, 130
- object_show, 129
- objects, 133
- objects_default, 130
- outfile, 131
- overview, 133
- pathmap, 122
- pcs, 118
- procstats, 136
- psummary, 118
- quit, 137
- races, 125
- rdetail, 125
- rtabs, 135
- sample_list, 126
- sample_select, 128
- scc, 119-120
- script, 136
- setpath, 121
- sort, 115
- source, 118-119
- statistics, 133
- sthresh, 120, 121
- tabs, 135
- thread_list, 126
- thread_select, 128
- tldata, 136
- tlmode, 135-136
- version, 137
- viewmode, 131-132
- 过滤, 127-128

er_print 命令 (续)

- 过滤器表达式的关键字, 127
- 过滤器示例, 139-140
- 过滤器语法, 137-140
- 用法示例, 140-142
- er_print 实用程序
 - 度量关键字, 112
 - 度量列表, 111
 - 命令
 - 请参见**er_print 命令
 - 命令行选项, 110
 - 用途, 109
 - 语法, 110
- .er.rc 文件, 83, 105, 190
 - 命令, 133, 134
 - 位置, 79
- er_rm 实用程序, 192
- er_src 实用程序, 189
- er_sync.so, 预装入, 72

F**Fortran**

- 备用入口点, 164
- 收集器 API, 44
- 子例程, 163
- Fortran 函数中的备用入口点, 164

I

- indxobj_define 命令, 124
- indxobj_list 命令, 124
- indxobj 命令, 124

J**Java**

- 动态编译的方法, 47, 167
- 分析限制, 50
- 设置 er_print 显示输出, 131-132
- JAVA_PATH 环境变量, 50
- Java 虚拟机路径, analyzer 命令选项, 78

- JDK_HOME 环境变量, 50
- jdkhome analyzer 命令选项, 78

L

- LD_LIBRARY_PATH 环境变量, 72
- LD_PRELOAD 环境变量, 72
- libaio.so, 与数据收集交互, 43
- libcollector.h, 作为收集器 Java 编程语言接口的一部分, 45
- libcollector.so 共享库
 - 预装入, 72
 - 在程序中使用, 44
- libcpc.so, 使用, 49
- libfcollector.h, 45
- LWP
 - 选择的列表, 在 er_print 实用程序中, 126
 - 由 Solaris 线程创建, 154
 - 在 er_print 实用程序中选择, 128

M**MPI 程序**

- 实验名称, 52, 74
- 使用 collect 命令收集数据, 73
- 收集数据, 73-75
- MPI 跟踪, 151
 - 度量, 32
 - 跟踪的函数, 30
 - 使用 collect 命令收集数据, 58
 - 预装入收集器库, 72
- “MPI 时间线”标签, 82
- “MPI 时间线控件”标签, 95
- “MPI 图表”标签, 82
- “MPI 图表控件”标签, 95

N

- NFS, 51

O

OMP_preg 命令, 125

OMP_task 命令, 125

OpenMP

度量, 159

分析数据, 机器表示, 159-161

分析数据的用户模式显示, 158-159

分析限制, 50

设置 er_print 显示输出, 131-132

收集器, 50

索引对象, 列显信息, 125

用户模式调用堆栈, 159

执行概述, 157-161

OpenMP 并行化, 178

“OpenMP 并行区域”标签, 87

“OpenMP 任务”标签, 87-88

OpenMP 应用程序中的用户模式调用堆栈, 159

P

PATH 环境变量, 50

pathmap 命令, 122

PC

er_print 实用程序中的排序列表, 118

从 PLT, 152

定义的, 26

已定义, 151

PLT (Program Linkage Table, 程序链接表), 152

ppgsz 命令, 76

R

races 命令, 125

rdetail 命令, 125

S

setpath 命令, 121

setuid, 使用, 43

T

TLB (translation lookaside buffer, 转换后备缓冲器) 未命中, 153, 183

V

VampirTrace, 29

viewmode 命令, 131-132

X

-xdebugformat, 设置调试符号信息的格式, 40

版

版本信息

er_cp 实用程序, 191

er_mv 实用程序, 192

er_print 实用程序, 137

er_rm 实用程序, 192

对于 er_src 实用程序, 190

针对 collect 命令, 65

包

包装函数, 164

编

编译

Java 编程语言, 41

带注释的“源代码”和“反汇编”的源代码, 40

调试符号信息的格式, 40

静态链接对数据收集的影响, 40

库的静态链接, 40

“行”分析, 40

用于数据空间分析, 40

用于数据收集的链接, 40

优化对程序分析的影响, 41

编译器生成的主体函数

- 名称, 185

- 由性能分析器显示, 165, 185

编译器优化

- 并行化, 178

- 内联, 178

编译器注释, 86

- 并行化, 178

- 克隆的函数, 187

- 描述, 176

- 内联的函数, 178

- 通用子表达式删除, 177

- 显示的过滤类型, 177

- 循环优化, 177

- 已定义类, 119-120

- 在 `er_print` 实用程序中为带注释的反汇编代码列表选择, 120

- 在 `er_print` 实用程序中为带注释的源代码和反汇编代码列表选择, 121

- 在 `er_print` 实用程序中为带注释的源代码列表选择, 119

- 在 `er_src` 实用程序中过滤, 190

标

- 标记实验, 192-195

- 和过滤, 104

标签

- 缺省设置, 97

- 设置一组缺省可见的, 在 `er_print` 实用程序中, 135

- 为线程分析器设置一组缺省可见的, 在 `er_print` 实用程序中, 135

- 选择供显示, 100-101

表

- 表达式语法, 137-140

并

- 并行执行, 指令, 178

查

- 查看模式, 介绍, 98

程

- 程序计数器 (program counter, PC), 已定义, 151

- 程序计数器度量, 87

- 程序结构, 将调用堆栈地址映射到, 162

- 程序链接表 (Program Linkage Table, PLT), 152

程序执行

- 单线程, 151

- 共享对象和函数调用, 152

- 描述的调用堆栈, 151

- 尾部调用优化, 153

- 显式多线程, 154

- 陷阱, 153

- 信号处理, 152

抽

抽样间隔

- 使用 `collect` 命令设置, 59

- 已定义, 33

- 在 `dbx` 中设置, 68

- 抽样收集器, 请参见收集器

磁

- 磁盘空间, 估计实验, 53

从

- 从 `er_print` 实用程序列显累积统计数据, 136

- 从上下文菜单过滤数据

- "Call Tree" (调用树) 标签, 85

- "Callers-Callees" (调用方-被调用方) 标签, 84

- "Function" (函数) 标签, 83

存

存储要求, 估计实验, 53

带

带注释的反汇编代码, **请参见**反汇编代码, 带注释的
带注释的源代码, **请参见**源代码, 带注释的

单

单线程程序执行, 151

等

等待时间, **请参见**同步等待时间

地

地址空间, 文本和数据区域, 162

递

递归函数调用, 度量分配, 37

调

调用堆栈, 89

"Timeline" (时间线) 标签中, 88

不完全展开, 162

将地址映射到程序结构, 162

"时间线" 标签中的缺省对齐方式和深度, 135

尾部调用优化产生的影响, 154

已定义, 151

在 "Timeline Details" (时间线详细信息) 标签
中, 96

展开, 151

调用堆栈片段, 83

调用方-被调用方度量

归属, 已定义, 34

调用方-被调用方度量 (续)

在 er_print 实用程序中列显, 116

在 er_print 实用程序中为单个函数列显, 116

在 er_print 实用程序中显示其列表, 130

"调用方与被调用方" 标签, 83-84, 101

"调用树" 标签, 84-85

定

定制过滤器, 103

动

动态编译的函数

定义, 166, 186

收集器 API, 46

独

独占度量

PLT 指令, 152

描述的, 36

如何计算, 151

使用, 35

已定义, 34

度

度量

MPI 跟踪, 32

独占

请参见独占度量

堆跟踪, 29

非独占

请参见非独占度量

非独占的和独占的, 82, 84

归属, 84

请参见归属度量

函数列表

请参见函数列表度量

基于时钟的分析, 22, 147

度量 (续)

- 计时, 22
- 解释源代码行, 179
- 解释指令, 181
- 内存分配, 29
- 缺省, 83
- 时间精度, 82
- 同步等待跟踪, 28
- 相关性的影响, 148
- 已定义, 21
- 硬件计数器, 归属到指令, 183
- 阈值, 86
- 阈值, 设置, 85

堆**堆跟踪**

- 度量, 29
- 缺省度量, 83
- 使用 collect 命令收集数据, 58
- 预装入 er_heap.so, 72
- 在 dbx 中收集数据, 68

堆栈帧

- 来自陷阱处理程序, 153
- 已定义, 152
- 在尾部调用优化中重用, 153

多

- 多线程, 显式, 154
- 多线程应用程序, 将收集器附加到, 71

反

- “反汇编”标签, 86
- 反汇编代码, 带注释的
 - HotSpot 编译的指令, 186
 - Java 本机方法, 187
 - 度量格式, 179
 - 对于克隆的函数, 188
 - 对于克隆函数, 165
 - 非独占度量, 189

反汇编代码, 带注释的 (续)

- 分支目标, 189
- 解释, 181
- 可执行文件的位置, 52
- 克隆的函数, 188
- 描述, 180
- 使用 er_src 实用程序查看, 189
- 硬件计数器度量归属, 183
- 在 er_print 实用程序中列显, 119
- 在 er_print 实用程序中设置首选项, 120-121
- 在 er_print 实用程序中设置突出显示阈值, 121
- 指令发送相关性, 181
- 反汇编代码, 注释, st 和 ld 指令, 189

方

方法, 请参见函数

非

- 非独占度量
 - PLT 指令, 152
 - 递归的影响, 37
 - 对于外联函数, 189
 - 描述的, 36
 - 如何计算, 151
 - 使用, 35
 - 已定义, 34
- 非唯一函数名称, 164

分

- 分析, 已定义, 21
- 分析服务器, 195
- 分析间隔
 - 实验大小, 生效, 53
 - 使用 collect 命令设置, 55, 67
 - 使用 dbx collector 命令设置, 66
 - 已定义, 22
 - 值的限制, 48
- 分析器, 请参见性能分析器
- 分析器命令, 数据收集选项, 78-79

分析数据包

- 大小, 53
 - 基于时钟的数据, 147
 - 同步等待跟踪数据, 150
 - 硬件计数器溢出数据, 149
- 分支目标, 189

符

符号表, 装入对象, 163

复

复制实验, 191

负

负载不平衡图, 92

改

改编函数名称, 185, 188

概

概述数据, 在 `er_print` 实用程序中列显, 133

高

高度量值

- 在带注释的反汇编代码中, 121
- 在带注释的源代码中, 120

格

“格式”标签, 98

工

工具栏, 80

共

共享对象, 之间的函数调用, 152

关

关键字, 度量, `er_print` 实用程序, 112

归

归属度量

- 递归的影响, 37
- 描述的, 36
- 使用, 35
- 已定义, 34

过

过滤器表达式示例, 139-140

过滤实验数据

- `er_print`, 127-128
- 来自 "Manage Filters" (管理过滤器) 对话框, 103
- 使用标签, 104
- 使用定制过滤器, 103
- 使用上下文过滤器, 102
- 性能分析器中, 101

函

函数

- `@plt`, 152
- `<Total>`, 168
- `<Unknown>`, 167
- MPI, 跟踪, 30
- 包装, 164
- 备用入口点 (Fortran), 164

函数 (续)

- 地址变化, 163
- 定义, 163
- 动态编译, 46
- 动态编译的, 166, 186
- 非唯一, 名称, 164
- 静态, 具有重复名称, 164
- 静态, 在剥离的共享库中, 188
- 静态, 在剥离共享库中, 164
- 克隆的, 165, 187
- 内联, 165
- 全局, 163
- 收集器 API, 44, 47
- 外联, 166, 184
- 系统库, 由收集器插入, 42
- 有别名的, 163
- 装入对象中的地址, 163
- 函数 PC, 聚集, 86, 87, 101
- “函数”标签, 82–83, 101
- 函数调用
 - 递归, 度量分配, 37
 - 共享对象之间, 152
 - 在单线程程序中, 151
- 函数列表
 - 编译器生成的主体函数, 185
 - 排序顺序, 在 `er_print` 实用程序中指定, 115
 - 在 `er_print` 实用程序中列显, 114
- 函数列表度量
 - 在 `.er.rc` 文件中设置缺省排序顺序, 134
 - 在 `.er.rc` 文件中选择缺省值, 134
 - 在 `er_print` 实用程序中显示其列表, 130
 - 在 `er_print` 实用程序中选择, 114–115
- 函数名称, 在 `er_print` 实用程序中选择长形式或短形式, 131

后

- 后续进程
 - 实验位置, 51
 - 收集器所跟踪的, 49
 - 数据收集的限制, 49
 - 为选定的进程收集数据, 71
- 后续实验
 - 设置读取模式, 在 `er_print` 实用程序中, 135

后续实验 (续)

- 装入, 77

环

环境变量

- JAVA_PATH, 50
- JDK_HOME, 50
- LD_BIND_NOW, 40
- LD_LIBRARY_PATH, 72
- LD_PRELOAD, 72
- PATH, 50
- SP_COLLECTOR_NO_OMP, 50
- SP_COLLECTOR_NUMTHREADS, 48
- SP_COLLECTOR_OLDOMP, 50
- SP_COLLECTOR_STACKBUFSZ, 48
- SP_COLLECTOR_USE_JAVA_OPTIONS, 50
- VampirTrace, 29
- VT_BUFFER_SIZE, 29, 74
- VT_MAX_FLUSHES, 30
- VT_STACKS, 29, 74
- VT_UNIFY, 75
- VT_VERBOSE, 30, 75

恢

- 恢复收集数据, 从程序中, 46
- 恢复数据收集
 - 在 `dbx` 中, 69
 - 针对 `collect` 命令, 62

回

回溯

- 启用, 56
- 已定义, 26

基

- 基于时钟的分析
 - `gethrtime` 和 `gethrvtime` 的比较, 148

基于时钟的分析 (续)

- 定义的, 22
- 度量, 22, 147
- 度量的准确性, 149
- 分析数据包中的数据, 147
- 间隔
 - 请参见**分析间隔
- 缺省度量, 83
- 使用 `collect` 命令收集数据, 55
- 因开销而失真, 148
- 在 `dbx` 中收集数据, 66

间

- 间隔, 抽样, **请参见**抽样间隔
- 间隔, 分析, **请参见**分析间隔

将

- 将路径附加到文件, 121
- 将收集器附加到正在运行的进程, 71
- 将装入对象归档到实验中, 64, 70

进

- 进程, 每个进程的度量, 93-94
- 进程地址空间文本和数据区域, 162

静

- 静态函数
 - 重复名称, 164
 - 在剥离的共享库中, 188
 - 在剥离共享库中, 164
- 静态链接, 对数据收集的影响, 40

克

- 克隆的函数, 165, 187

库

- 库
 - `collectorAPI.h`, 45
 - `libaio.so`, 43
 - `libcollector.so`, 43, 44, 72
 - `libcpc.so`, 42, 49
 - MPI, 42
 - 剥离的共享, 和静态函数, 188
 - 剥离共享, 和静态函数, 164
 - 插入, 42
 - 静态链接, 40
 - 系统, 42

快

- 快速陷阱, 153

路

- 路径前缀映射, 100

秒

- 秒, 每秒记录的度量, 93

命

- 命名实验, 51

内

- 内存对象, 已定义, 122
- “内存对象”标签, 94
- 内存分配, 29
 - 对数据收集的影响, 41
 - 和泄漏, 89
- 内存空间分析, 149-150
- 内存泄漏, 定义, 29
- 内核分析
 - 带用户进程, 202-203

内核分析 (续)

- 对分析数据进行分析, 203
 - 设置系统, 200
 - 时钟分析, 200
 - 数据的类型, 25, 199
 - 硬件计数器溢出, 202
- 内联函数, 165

排

- “排序”标签, 98
- 排序顺序, 函数列表, 在 `er_print` 实用程序中指定, 115

缺

- 缺省度量, 83
- 缺省路径, 121
- 缺省值, 缺省值文件中的设置, 133

人

- 人工函数, 在 OpenMP 调用堆栈中, 158

入

- 入口点, 备用, 在 Fortran 函数中, 164

删

- 删除实验或实验组, 192

实

实验

- 另请参见实验目录
- 重映射路径前缀, 122
- `er_print` 实用程序中的标头信息, 132-133
- 标记, 192-195

实验 (续)

- 从程序中终止, 46
- 存储位置, 63, 70
- 存储要求, 估计, 53
- 打开, 77
- 定义的, 51
- 多个, 77
- 复制, 191
- 附加当前路径, 121
- 归档装入对象, 64, 70
- 后续, 装入, 77
- 命名, 51
- 缺省名称, 51
- 删除, 192
- 设置查找文件的路径, 121
- 数据聚集, 78
- 添加, 78
- 为 Java 和 OpenMP 设置模式, 131-132
- 位置, 51
- 限制大小, 64, 70
- 移动, 52, 192
- 预览, 78
- 在 `er_print` 实用程序中列出, 126
- 组, 51
- 实验, 后续, 设置读取模式, 在 `er_print` 实用程序中, 135
- 实验 ID, 每个实验的度量, 94
- “实验”标签, 90
- 实验名, 51
- 实验名称
 - MPI 缺省, 52, 74
 - 局限, 51
 - 内核分析, 52, 145
 - 缺省, 51
 - 在 `dbx` 中指定, 70
- 实验目录
 - 缺省, 51
 - 使用 `collect` 命令指定, 63
 - 在 `dbx` 中指定, 70
- 实验中使用的源代码文件和对象文件, 99
- 实验组, 51
 - 创建, 51, 78
 - 定义的, 51
 - 多个, 77

实验组 (续)

- 名称限制, 51
- 缺省名称, 51
- 删除, 192
- 使用 collect 命令指定名称, 64
- 添加, 78
- 预览, 78
- 在 dbx 中指定名称, 70

时

- 时间度量, 精度, 82

事**事件**

- “时间线”标签中的缺省显示类型, 135
- 显示在“Timeline” (时间线) 标签中, 88
- 事件标记, 88
- 事件频率图, 89
- 事件状态图, 89

收**收集器**

- API, 在程序中使用, 44
- API, 在您的程序中使用, 45
- 定义的, 21
- 附加到正在运行的进程, 71
- 使用 collect 命令运行, 54
- 已定义, 18
- 在 dbx 中禁用, 69
- 在 dbx 中启用, 69
- 在 dbx 中运行, 66
- 收集实验, 预览命令, 105

首**首选项**

- 保存到 .er.rc 文件, 97, 106

输**输出文件**

- 关闭, 在 er_print 实用程序中, 131
- 关闭并打开新的, 在 er_print 实用程序中, 131

输入文件

- er_print 实用程序, 136
- 在 er_print 实用程序中终止, 137

数

- 数据表示, 设置选项, 97

“数据布局”标签, 90

数据对象

- <Scalars> 描述符, 170
- <Total>描述符, 170
- 布局, 90
- 定义的, 169
- 范围, 169
- 描述符, 170
- 已定义, 122
- 在硬件计数器溢出实验中, 122

“数据对象”标签, 89

数据空间分析, 149–150

- 数据对象, 169

数据类型, 22

- MPI 跟踪, 29
- 堆跟踪, 29
- 基于时钟的分析, 22
- 缺省, 在“时间线”标签中, 136
- 同步等待跟踪, 28
- 硬件计数器溢出分析, 25

数据派生度量, 在 er_print 实用程序中显示其列表, 130

数据收集

- MPI 程序, 使用 collect 命令, 73
- 程序控制, 44
- 从 MPI 程序, 73–75
- 从程序中恢复, 46
- 从程序中禁用, 46
- 从程序中控制, 44
- 从程序中暂停, 46
- 动态内存分配的影响, 41
- 段故障, 41
- 链接, 40

数据收集 (续)

- 使用 collect 命令, 54
 - 使用 dbx, 66
 - 速率, 53
 - 在 dbx 中恢复, 69
 - 在 dbx 中禁用, 69
 - 在 dbx 中启用, 69
 - 在 dbx 中暂停, 69
 - 针对 collect 命令恢复, 62
 - 针对 collect 命令暂停, 62
 - 准备程序, 41
- 数据收集过程中出现的段故障, 41
- 数据争用
- 列表, 125
 - 详细信息, 125

双

- “双重数据源”标签, 85

死**死锁**

- 列表, 125
- 详细信息, 125
- “死锁”标签, 82
- “死锁详细信息”标签, 96

索**索引对象, 124**

- 定义, 124
 - 列表, 124
- 索引对象度量, 在 er_print 实用程序中显示其列表, 131
- 索引行, 175
- 在 er_print 实用程序中, 119
 - 在 er_print 实用程序中, 119
 - 在“反汇编”标签中, 86, 181
 - 在“源”标签中, 85, 175, 181
- 索引行, 特殊
- HotSpot 编译的指令, 186

索引行, 特殊 (续)

- Java 本机方法, 187
- 编译器生成的主体函数, 185
- 不带行号的指令, 186
- 外联函数, 184

锁

- 锁定争用图, 92

替

- 替代源上下文, 119

通

- 通用子表达式删除, 177

同**同步等待跟踪**

- 等待时间, 28, 150
 - 度量, 28
 - 分析数据包中的数据, 150
 - 使用 collect 命令收集数据, 57
 - 已定义, 28
 - 阈值
 - 请参见阈值, 同步等待跟踪
 - 预装入 er_sync.so, 72
 - 在 dbx 中收集数据, 68
- 同步等待时间
- 度量, 已定义, 28
 - 已定义, 28, 150
- 同步延迟跟踪, 缺省度量, 83
- 同步延迟事件
- 定义的度量, 28
 - 分析数据包中的数据, 150
 - 已定义, 28

统

“统计数据”标签, 90

外

外联函数, 166, 184

网

网络磁盘, 51

微

微状态, 96

 切换, 153

 提供给度量, 147

尾

尾部调用优化, 153

文

文档, 访问, 13

文档索引, 13

文件的路径, 121

系

系统范围分析, 202–203

显

显式多线程, 154

线

线程

 创建, 154

 度量, 91–92

 负载不平衡, 92

 工作线程, 154

 锁定争用, 92

 选择的列表, 在 `er_print` 实用程序中, 126

 在 `er_print` 实用程序中选择, 128

线程分析器, 设置一组缺省可见的, 在 `er_print` 实用程序中, 135

限

限制

 Java 分析, 50

 分析间隔值, 48

 后续进程的数据收集, 49

 实验名称, 51

 实验组名称, 51

限制实验大小, 64, 70

陷

陷阱, 153

相

相关性, 对度量的影响, 148

泄

泄漏, 内存, 定义, 29

“泄漏”标签, 96

“泄漏列表”标签, 89

信

信号

 对处理程序的调用, 152

信号 (续)

- 分析, 43
- 分析, 从 dbx 传递到 collect 命令, 62
- 用于通过 collect 命令手动抽样, 62
- 用于通过 signal 命令暂停和恢复, 62

信号处理程序

- 用户程序, 43
- 由收集器安装, 43, 152

行

- “行”标签, 86, 101

性

性能度量, 请参见度量

性能分析器

- "CPUs" (CPU) 标签, 92-93
- "Experiment IDs" (实验 ID), 94
- "Find" (查找) 工具, 101
- "Index Objects" (索引对象) 标签, 91
- "Inst-Freq" (指令频率) 标签, 90
- "Metrics" (度量) 标签, 97
- "Pathmaps" (路径映射) 标签, 100
- "PC" 标签, 101
- "PCs" (PC) 标签, 87
- "Processes" (进程) 标签, 93-94
- "Samples" (样本) 标签, 92
- "Search Path" (搜索路径) 标签, 99
- "Seconds" (秒) 标签, 93
- "Set Data Presentation" (设置数据显示) 中的
 - "Timeline" (时间线) 标签, 99
- "Source/Disassembly" (源/反汇编) 标签, 85, 98
- "Summary" (摘要) 标签, 87
- "Threads" (线程) 标签, 91-92
- "Timeline Details" (时间线详细信息) 标签, 95
- "Timeline" (时间线) 标签, 88, 96
 - “MPI 时间线”标签, 82
 - “MPI 时间线控件”标签, 95
 - “MPI 图表”标签, 82
 - “MPI 图表控件”标签, 95
 - “OpenMP 并行区域”标签, 87
 - “OpenMP 任务”标签, 87-88

性能分析器 (续)

- “帮助”菜单, 80
 - “调用方与被调用方”标签, 83-84, 101
 - “调用树”标签, 84-85
 - 定义, 77
 - “反汇编”标签, 86
 - “格式”标签, 98
 - 工具栏, 80
 - “函数”标签, 82-83, 101
 - 记录实验, 78
 - 命令行选项, 78
 - “内存对象”标签, 94
 - “排序”标签, 98
 - 启动, 77
 - 缺省值, 105-106
 - “实验”标签, 90
 - “视图”菜单, 80
 - “数据布局”标签, 90
 - “数据对象”标签, 89
 - “双重数据源”标签, 85
 - “死锁”标签, 82
 - “死锁详细信息”标签, 96
 - “统计数据”标签, 90
 - “文件”菜单, 80
 - 显示/隐藏/仅 API 函数, 101
 - “泄漏”标签, 96
 - “泄漏列表”标签, 89
 - “行”标签, 86, 101
 - 要显示的标签, 97
 - 已定义, 18
 - “源”标签, 85
 - “摘要”标签, 95
 - “争用”标签, 82
 - “争用详细信息”标签, 96
- 性能数据, 转换为度量, 21

选

- 选项, 命令行, er_print 实用程序, 110

循

- 循环优化, 177

样**样本**

- 从程序中记录, 46
- 当 dbx 停止进程时记录, 69
- 度量, 92
- 记录情况, 33
- 间隔
 - 请参见抽样间隔
- 使用 collect 命令定期记录, 59
- 使用 collect 手动记录, 62
- 数据包中包含的信息, 33
- 显示在 "Timeline" (时间线) 标签中, 88
- 选择的列表, 在 er_print 实用程序中, 126
- 已定义, 34
- 在 "Samples" (样本) 标签中列出, 92
- 在 dbx 中定期记录, 68
- 在 dbx 中手动记录, 69
- 在 er_print 实用程序中选择, 128

叶

- 叶 PC, 已定义, 151

移

- 移动实验, 52, 192

异

- 异步 I/O 库, 与数据收集交互, 43

溢

- 溢出值, 硬件计数器, 请参见硬件计数器溢出值

硬**硬件计数器**

- 获取列表, 54, 67
- 计数器名称, 56

硬件计数器 (续)

- 使用 collect 命令选择, 55
- 使用 dbx collector 命令选择, 67
- 数据对象和度量, 122
- 所述的列表, 26
- 已定义, 25
- 溢出值, 25
- 硬件计数器度量, 显示在“数据对象”标签中, 89
- 硬件计数器库, libcpc.so, 49
- 硬件计数器列表
 - 使用 collect 命令获取, 54
 - 使用 dbx collector 命令获取, 67
 - 有别名的计数器, 26
 - 原始计数器, 28
 - 字段说明, 26
- 硬件计数器属性选项, 56
- 硬件计数器溢出分析
 - 定义的, 25
 - 分析数据包中的数据, 149
 - 内核, 202
 - 缺省度量, 83
 - 使用 collect 命令收集数据, 55
 - 使用 dbx 收集数据, 67
- 硬件计数器溢出值
 - 定义的, 25
 - 过小或过大产生的结果, 149
 - 使用 collect 设置, 56
 - 在 dbx 中设置, 67

优**优化**

- 程序分析的影响, 41
- 通用子表达式删除, 177
- 尾部调用, 153

由

- 由收集器插入系统库函数, 42

有

- 有别名的函数, 163
- 有别名的硬件计数器, 26

语

语法

- er_archive 实用程序, 196–197
- er_export 实用程序, 197
- er_print 实用程序, 110
- er_src 实用程序, 189

阈

阈值, 同步等待跟踪

- 对收集开销的影响, 150
- 使用 collect 命令设置, 57, 68
- 使用 dbx collector 设置, 68
- 校准, 28
- 已定义, 28

阈值, 突出显示

- 在带注释的反汇编代码中, er_print 实用程序, 121
- 在带注释的源代码中, er_print 实用程序, 120

预

预装入

- er_heap.so, 72
- er_sync.so, 72
- libcollector.so, 72

原

- 原始硬件计数器, 26, 28

源

- “源”标签, 85
- 源代码, 编译器注释, 86

源代码, 带注释的

- 编译器生成的主体函数, 185
- 编译器注释, 176
- 不带行号的指令, 186
- 从源代码中分辨注释, 175
- 度量格式, 179
- 对于克隆函数, 165
- 解释, 179
- 克隆的函数, 187
- 描述, 174, 179
- 使用 er_src 实用程序查看, 189
- 使用中间文件, 162
- 索引行, 175
- 外联函数, 184
- 源文件的位置, 52
- 在 er_print 实用程序中列显, 118
- 在 er_print 实用程序中设置编译器注释类, 119
- 在 er_print 实用程序中设置突出显示阈值, 120
- 在性能分析器中查看, 174
- 源代码和反汇编代码, 带注释的, 在 er_print 实用程序中设置首选项, 121
- 源代码行, er_print 实用程序中的排序列表, 118

约

- 约束, 请参见限制

在

- 在 er_print 实用程序中设置读取后续实验的模式, 135
- 在 er_print 实用程序中限制输出, 131

暂

- 暂停数据收集
- 从程序中, 46
- 在 dbx 中, 69
- 针对 collect 命令, 62

摘

“摘要”标签, 95

摘要度量

对于单个函数, 在 `er_print` 实用程序中列显, 116

对于所有函数, 在 `er_print` 实用程序中列显, 115-116

展

展开调用堆栈, 151

帧

帧, 堆栈, 请参见堆栈帧

争

“争用”标签, 82

“争用详细信息”标签, 96

执

执行统计数据

将时间与函数进行比较, 148

在 `er_print` 实用程序中列显, 133

指

指令发送

分组, 对带注释的反汇编代码的影响, 181

延迟, 183

指令频率, 在 `er_print` 实用程序中列显列表, 133

中

中间文件, 用于带注释的源代码列表, 162

主

主体函数, 编译器生成的

名称, 185

由性能分析器显示, 165, 185

装

装入地址, 函数的地址, 163

装入对象

符号表, 163

内容, 163

写入布局, 123

选择的列表, 在 `er_print` 实用程序中, 129

已定义, 163

在 `er_print` 实用程序中列显列表, 133

在 `er_print` 实用程序中选择, 130

子

子例程, 请参见函数

子孙进程

实验名称, 52

收集所有跟踪的数据, 60

字

字体大小, 在分析器中更改, 79

